

**Welchen Einfluss hat die Dauer der Seitenlagerung auf die Qualität  
und den Verlauf einer Spinalanaesthesie mit hyperbarem Bupivacain?**

**Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
des Fachbereichs Medizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen**

vorgelegt von  
Thilo Ritter  
aus Nürnberg

Gießen 2008

**Aus der  
Klinik für Anaesthesie und Operative Intensivmedizin  
der St. Vincentius-Kliniken gAG, Karlsruhe**

**Direktor: Professor Dr. med. Jürgen Biscoping**

**Gutachter: Prof. Dr. J. Biscoping**

**Gutachter: PD Dr. M. Oertel**

**Tag der Disputation: 19.08.2008**

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der "Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis" niedergelegt sind, eingehalten.

1.	<b>Einleitung und Fragestellung</b>	1
2.	<b>Überblick</b>	3
2.1.	Spinalanaesthesie	3
2.2.	Lokalanästhetika	4
2.3.	Nebenwirkungen der Spinalanästhesie	4
2.4.	Seitenbetonte Spinalanästhesie	6
3.	<b>Patienten, Material und Methodik</b>	7
3.1.	Patienten	7
3.1.1.	Allgemeines	7
3.1.2.	Ein- und Ausschlusskriterien	7
3.2.	Material	8
3.2.1.	Spinalkanüle	8
3.2.2.	Lokalanästhetikum	8
3.3.	Methoden	8
3.3.1.	Prämedikation	8
3.3.2.	Randomisierung	9
3.3.3.	Spinalanästhesie	9
3.3.4.	Datenerhebung	10
3.3.4.1.	Perioperativ	10
3.3.4.2.	Postoperativ	12
3.4.	Statistische Berechnung	12
4.	<b>Ergebnisse</b>	13
4.1.	Patientendaten	13
4.1.1.	Morphometrische Daten	13
4.1.2.	Sonstige Variablen	14
4.1.2.1.	Operationsdauer und Operationsseite	14
4.1.2.2.	OP-Lokalisation	14
4.2.	Kreislaufparameter	15
4.3.	Verlauf der seitengetrennten sensorischen Blockade	16
4.4.	Verlauf der seitengetrennten motorischen Blockade	17
4.5.	Anzahl strikt einseitiger Blockaden	19



4.6.	Subjektive Dauer von Analgesie, sensibler und motorischer Blockade.....	20
4.7.	Einfluss der Lagerungsdauer .....	21
4.8.	Besonderheiten .....	22
5.	<b>Diskussion</b> .....	23
5.1.	Diskussion der Methode .....	23
5.1.1.	Patientenkollektiv .....	23
5.1.2.	Durchführung der Spinalanaesthesie .....	24
5.1.3.	Wahl und Dosis des Lokalanästhetikums.....	26
5.2.	Diskussion der Ergebnisse.....	28
5.3.	Schlussfolgerungen .....	33
6.	<b>Zusammenfassung</b> .....	34
7.	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	38
8.	<b>Anhang</b> .....	46
8.1.	Studienprotokoll .....	46
8.2.	postoperativer Fragebogen .....	47
8.3.	Daten mit statistischer Auswertung.....	48

## 1. Einleitung und Fragestellung

Seit Bier und Hildebrandt die Spinalanästhesie 1898 in Kiel der Öffentlichkeit vorstellten, hat Sie sich zu einem festen Bestandteil der anaesthesiologischen Patientenversorgung entwickelt. Bereits 1907 wurden die Möglichkeiten der Spinalanästhesie durch Einführung der hyperbaren Technik durch Chaput, Baka und Barker erweitert.

Durch die Verwendung hyperbarer Lokalanästhetikazubereitungen wird eine lageabhängige Steuerung der Wirkstoffkonzentrationen im Liquorraum ermöglicht. So kann, in gewissem Maße, eine selektive Blockade sensibler und motorische rückenmarksnaher Nervenstrukturen erreicht werden. Nach diesem Prinzip kann, durch entsprechende Seitenlagerung des Patienten, eine hyperbare Lokalanästhetikalösung der Gravitation folgend in die abhängigen Bereiche des Subarachnoidalraumes sinken. Durch die so erreichten bilateralen Konzentrationsunterschiede des Lokalanästhetikums kommt es zu einer Seitenbetonung der Spinalanästhesie zugunsten der abhängigen Seite. Die Vorteile die dieses Konzept verspricht, sind eine bessere hämodynamische Stabilität in Folge der reduzierten Sympathikolyse, eine längere Analgesie der zu operierenden Seite und eine profunde motorische Blockade durch die hohe lokale Wirkstoffkonzentration im unten liegenden Teil des Subarachnoidalraumes. Auch eine erhöhte Sicherheit durch die Möglichkeit postpunktionelle Blutungen mit ihren schwerwiegenden neurologischen Folgen frühzeitig zu erkennen und eine verbesserte Patientenzufriedenheit bei einem partiell erhaltenen Körpergefühl sprechen für die Theorie der seitenbetonten Spinalanästhesie.

Die Ergebnisse der diversen Arbeiten, die in den letzten Jahren zu diesem Thema veröffentlicht wurden sind hinsichtlich der Zuverlässigkeit, Durchführungstechnik, den verwendeten Substanzen und dem Verlauf der seitenbetonten Spinalanästhesien inkonsistent und widersprüchlich. So zeigen einige Studien die auf eine Körperhälfte begrenzte Spinalanästhesie als regelhaft erreichbares und gut kalkulierbares Routineverfahren [11, 20, 22, 36, 53], andere Studien stellen das Konzept der seitenbetonten Spinalanästhesie als wenig praktikabel in Frage [13, 23, 31, 41, 44, 45, 60].

Ziel der vorliegenden Arbeit war es festzustellen, mit welcher Zuverlässigkeit eine Seitenbetonung der Spinalanästhesie mit 2,0 ml Carbostesin® 0,5% hyperbar zu erreichen ist und wie ihr Verlauf durch die Dauer der Seitenlagerung nach der Injektion beeinflusst wird.

## **2. Überblick**

### **2.1. Spinalanaesthesie**

Die Spinalanästhesie stellt seit über 100 Jahren die am häufigsten angewandte zentrale Nervenblockade dar, und ermöglicht zuverlässig eine Vielzahl von operativen Eingriffen an den unteren Extremitäten, am Unterbauch bis hin zur Sectio caesarea bei erhaltener Vigilanz des Patienten. Sie ist eine sichere, kostengünstige und in ihrer Durchführung einfache Anästhesiemethode. Nach Injektion eines geeigneten Lokalanästhetikums in den lumbalen Subarachnoidalraum und der Diffusion des Wirkstoffes in die Spinalnervenwurzeln, Spinalganglien und Rückenmarkszellen kommt es zu einer passageren Unterbrechung der Erregungsleitung. Diese Injektion soll nicht oberhalb vom Zwischenwirbelraum L3 / L4 vorgenommen werden um Verletzungen des Conus medullaris der bis zum Lendenwirbelkörper L3 reichen kann vorzubeugen [40]. Hauptwirkort des Lokalanästhetikums sind die Fila radicularia der Vorder- und Hinterwurzeln die mit einem Durchmesser von 0,5 mm und nur von der Pia mater spinalis bedeckt die geringste Barriere gegen das Eindringen des Wirkstoffes haben. Die Vorderwurzeln bestehen überwiegend aus efferenten motorischen Fasern und im Bereich von C8 bis L2 beinhalten sie die Sympathikusfasern. Die Hinterwurzeln bestehen überwiegend aus afferenten Fasern die Schmerz-, Temperatur-, Druck- und Lageempfinden vermitteln. Mit zunehmendem Durchmesser und Myelinisierungsgrad der verschiedenen Nervenfasertypen sind steigende Konzentrationen des Lokalanästhetikums nötig um die Erregungsleitung zu blockieren. So kommt es im Verlauf der Spinalanästhesie zunächst zu einer Blockade der präganglionären Sympathikusfasern (Fasertyp B) gefolgt von der Blockade des Temperaturempfindens (Fasertyp A $\delta$ ), des Schmerzempfindens (Fasertyp A $\delta$  / C), des Berührungsempfindens (Fasertyp A $\beta$ ) und zuletzt zu einer motorischen Blockade (Fasertyp A $\alpha$  / A $\gamma$ ). Es ergibt sich also eine zeitliche und auch räumliche Abstufung der Blockade (Differentialblock). Neben der Konzentration der verwendeten Substanz nehmen auch die Art des Lokalanästhetikums, seine Dosis, sein spezifisches Gewicht, eventuelle Zusatzstoffe der Injektionsort und die Injektionsgeschwindigkeit sowie die Position des Patienten Einfluss auf Verlauf und Ausbreitung der Spinalanästhesie. Auch die physische Konstitution und das Alter haben einen gewissen Einfluss auf Ausbreitung und Verlauf der Spinalanästhesie [27]. Die Beendigung der neuronalen Blockade resultiert primär

aus einer Reduzierung der subarachnoidalen Wirkstoffkonzentration durch vaskuläre Resorption und Diffusion [28, 34].

## **2.2. Lokalanästhetika**

In Europa sind zur Durchführung der Spinalanästhesie ausschließlich Lokalanästhetika vom Amidtyp gebräuchlich. Lokalanästhetika sind schwache Basen mit pKa-Werten zwischen 7,8 und 9. Um die Wasserlöslichkeit zu erhöhen haben die fertigen Injektionslösungen einen pH-Wert von 4 – 6. Nach Injektion in den Liquor cerebrospinalis mit einem pH-Wert von 7,3 – 7,4 ändert sich die Dissoziation zugunsten der freien, lipidlöslichen Base die in das Zellinnere der Nervenzelle diffundieren kann. Durch Anlagerung an den spannungsabhängigen  $\text{Na}^+$ -Kanal kommt es hier zu einer reversiblen Konformationsänderung wodurch ein Öffnen des  $\text{Na}^+$ -Kanals und die resultierende Depolarisation verhindert wird. Durch Zusatz verschiedener Stoffe kann die Pharmakodynamik und Pharmakokinetik der Lokalanästhetika beeinflusst werden. In Abhängigkeit der Dichte der Lokalanästhetikazubereitung in Relation zur Dichte des Liquor cerebrospinalis (1,0003 – 1,0007 g/ml) [42] werden sie als hypobar, isobar oder hyperbar bezeichnet. Das von uns verwendete Bupivacain ist eines der etabliertesten Lokalanästhetika zur Durchführung einer Spinalanästhesie [47]. Es zeichnet sich durch eine lange Wirkdauer und durch ein geringes Risiko für neurologische Komplikationen aus. Seine hohe Kardiotoxizität ist bei den geringen Dosen die bei der Spinalanästhesie verwendet werden vernachlässigbar [16]. Durch Zusatz von Glucose ist die von uns verwendete Bupivacainzubereitung hyperbar.

## **2.3. Nebenwirkungen der Spinalanästhesie**

Die in der Frühphase auftretende Nebenwirkung Hypotonie ist in erster Linie Folge der Sympathikolyse und wird durch Risikofaktoren und Vorerkrankungen des Patienten in Ausprägung und Häufigkeit beeinflusst [29]. Bei einer Ausbreitung der Spinalanästhesie über Th6 kann die Blockade der Nn. accelerantes zu Bradykardie führen. Die Inzidenz einer klinisch relevanten Bradykardie bei Spinalanästhesie wird mit 10-15 % [40] angegeben. Der Bradykardie während einer Spinalanästhesie muss besondere

Aufmerksamkeit zuteil werden da aus ihr in 0,15% der Fälle eine Asystolie [54] resultieren kann. Besonders gefährdet sind hierbei junge ansonsten gesunde Patienten.

Im weiteren Verlauf kommt es zu so genannten Spätkomplikationen. Blasenentleerungsstörungen sind bei Einsatz des langwirksamen Bupivacain mit einer Inzidenz von bis zu 56% eine häufig auftretende Nebenwirkung [2, 38]. Postpunktionelle Kopfschmerzen treten 24 – 48 Stunden nach Punktion auf. Sie entstehen durch einen anhaltenden Liquorverlust über die Punktionsöffnung in der Dura. Die Häufigkeit (3 – 16%) wird durch das Alter und Geschlecht des Patienten und die Dicke und Konfiguration der Spinalnadel beeinflusst [43]. Schwere neurologische Komplikationen wie das Cauda equina Syndrom, epidurale Infektionen und Blutungen, septische und aseptische Meningitis sind selten aber wegen ihrer Tragweite gefürchtet. Moen et. al. gibt die Inzidenz solch schwerer neurologischer Komplikationen mit 1:20.000 – 1:30.000 an [49]. Die transiente neurologische Symptomatik (TNS) ist eine weniger ernste neurologische Komplikation. Sie äußert sich als radikulär ausstrahlende Schmerzen ohne auftreten eines neurologischen Defizits. Die transiente neurologische Symptomatik tritt meistens innerhalb von 24 Stunden nach Spinalanästhesie mit Lidocain oder Mepivacain (19% / 26%) und nur selten nach Verwendung von Bupivacain (2%) auf und hinterlässt keine Residuen [17, 33]. Durch sekundäre Verlagerung relevanter Lokalanästhetikadosen nach kranial kann eine hohe oder totale Spinalanästhesie mit dramatischer Atem- und Kreislaufinsuffizienz entstehen. Solche sekundären Ausbreitungen nach Lagewechsel sind noch über eine Stunde nach Anästhesiebeginn beschrieben worden [5, 66]. Neben der Verweildauer des Wirkstoffes im Liquor sind Hypo- oder Hyperbarizität der Lokalanästhetikazubereitung ein wesentlicher Risikofaktor für eine ungewollte rostrale Verlagerung. Die systemisch toxischen Nebenwirkungen sind unabhängig vom gewählten Wirkstoff aufgrund der zur Spinalanästhesie benötigten Dosis zu vernachlässigen [16].

Nach einer 1997 von Aromaa et. al. veröffentlichten Studie liegt die Inzidenz von schweren Komplikationen unter einer Spinalanästhesie bei 0,45 : 10.000 [1].

## **2.4. Seitenbetonte Spinalanästhesie**

Bei einer seitenbetonten Spinalanästhesie soll jeweils nur die Erregungsleitung der Spinalnervenzurden der zu operierenden Seite blockiert werden. Der Vorteil dieses Anästhesiekonzeptes liegt insbesondere in der ausbleibenden oder zumindest reduzierten Sympatikusblokade der Gegenseite, aus der eine verminderte Inzidenz von Blutdruckabfällen resultiert. So beschrieb z.B. Casati et. al. 1999 eine Hypotension in 22% bei konventioneller Spinalanästhesie und nur in 5% bei der seitenbetonten Spinalanästhesie [10]. Weitere theoretische Vorteile sind seltener auftretende Miktionsstörungen [48], eine erhöhte Sicherheit durch die Möglichkeit neurologische Komplikationen in Folge von postpunktionellen Hämatomen frühzeitig zu diagnostizieren und eine verbesserte Patientenzufriedenheit bei einem teilweise erhaltenen Körpergefühl [48].

Um diese weitgehende Beschränkung der Anästhesie auf eine Seite zu erreichen muss der Patient in Seitenlage gebracht werden und gezielt eine hyperbare, selten auch eine hypobare, Lokalanästhetiklösung verwandt werden. Durch Herabsinken der hyperbaren Lösung resultiert eine inhomogene Lokalanästhetikaverteilung im Subarachnoidalraum [4] mit einer hohen Wirkstoffkonzentration im unten liegenden Teil, woraus eine bevorzugte Blockade der Nervenzurden einer Seite resultiert. Während der Seitenlagerung reduziert sich die Wirkstoffkonzentration im Liquorraum durch Diffusion in die Nervenzurden und durch vaskuläre Resorption. Wird der Patient wieder in Rückenlage gebracht fließt die verbleibende hyperbare Lösung auch auf die Gegenseite und verursacht hier gegebenenfalls, je nach verbliebener Wirkstoffkonzentration, ebenfalls eine, in Ausdehnung und Qualität aber reduzierte, neuronale Blockade.

### **3. Patienten, Material und Methodik**

#### **3.1. Patienten**

##### **3.1.1. Allgemeines**

In einer randomisierten, prospektiven Studie wurden 40 Patienten im Alter zwischen 18 und 80 Jahren untersucht, die sich einer Operation an den unteren Extremitäten unterzogen. Die Patienten waren im Mittel 174 cm groß und 76 Kg schwer. Die Eingriffe erfolgten in der Orthopädischen Klinik (Direktor: Prof. Dr. P. Schuler) und in der Chirurgischen Klinik, Abteilung für Unfallchirurgie (Chefarzt Dr. M. Rustemeier) der St. Vincentius-Kliniken Karlsruhe. Der Untersuchungszeitraum erstreckte sich vom 08.11.2004 bis zum 22.06.2006.

##### **3.1.2. Ein- und Ausschlusskriterien**

In die Untersuchung wurden Patienten der ASA-Gruppe I-III mit einer Körpergröße größer 160 cm aufgenommen, die sich einer Operation an einer unteren Extremität unterzogen und die sich für eine Spinalanästhesie als Anästhesieverfahren entschieden hatten. Der operative Eingriff musste geeignet sein, um in Rückenlage zu erfolgen. Zusätzlich mussten sich die Patienten bereit erklären einen postoperativen Fragebogen auszufüllen. Ausschlusskriterien waren die üblichen Kontraindikationen für eine Spinalanästhesie [40]. Darüber hinaus wurden Patienten aus der Untersuchung ausgeschlossen, bei denen kein ausreichendes Analgesieniveau erreicht werden konnte, welche aufgrund langer OP-Dauer ein zusätzliches Anästhesieverfahren benötigten, welche extrem adipös waren oder ausgeprägte Wirbelsäulendeformierungen aufwiesen, welche adjuvante Analgetika im Beobachtungszeitraum benötigten und welche die Fragebögen unvollständig oder fehlerhaft ausfüllten oder eine mangelhafte Compliance zeigten.



### **3.2. Material**

#### **3.2.1. Spinalkanüle**

Die Punktion des Subarachnoidalraumes erfolgte durch eine 4cm lange 22G Führungskanüle mit einer 27G Spinalkanüle vom Quincke-Typ (Spinocan<sup>®</sup>, B. Braun Melsungen AG); (s. Abb. 1).



**Abb. 1:** Spinalkanüle mit Quincke-Schliff wie sie einheitlich bei der Untersuchung zum Einsatz kam.

#### **3.2.2. Lokalanästhetikum**

Als Lokalanästhetikum verwendeten wir Carbostesin<sup>®</sup> 0,5% hyperbar 4ml Ampullen von AstraZeneca GmbH. Die fertige Lösung enthält 5 mg Bupivacainhydrochlorid pro Milliliter und 20 mg Glucose-Monohydrat pro Milliliter. Der pH-Wert der Lösung liegt bei 4,5 – 6 und der pKa-Wert bei 8,1. Die Lösung hat eine Dichte von 1,026 g/ml bei 20°C und von 1,021 g/ml bei 37°C.

### **3.3. Methoden**

#### **3.3.1. Prämedikation**

Die Patienten wurden am Vortag der Operation über die Durchführung und die Risiken des Anaesthesieverfahrens aufgeklärt. Die Bereitschaft zur Teilnahme an der Untersuchung und zum Ausfüllen eines postoperativen Erhebungsbogens wurde erfragt und eingeholt. Die medikamentöse Prämedikation am OP-Morgen erfolgte mit 1mg Rohypnol per os.

### 3.3.2. Randomisierung

Nach Einschleusen in den OP-Bereich wurden die Patienten per Losverfahren zwei Gruppen zu je 20 Patienten zugeteilt. Dazu war eine „Losbox“ vorbereitet worden, die jeweils 20 Zuteilungslose für jede Gruppe enthielt. Lose von Patienten, die nachträglich ausgeschlossen wurden, kamen zurück in die Box. Die Patienten der Gruppe I verblieben nach der Injektion für 5 min in Seitenlage, die der Gruppe II verblieben nach der Injektion für 15 min in Seitenlage.

### 3.3.3. Spinalanästhesie

Die Durchführung der Spinalanästhesie erfolgte nach einem standardisierten Schema. Nach randomisierter Zuteilung zu den entsprechenden Gruppen folgte der Anschluss an die Überwachungsgeräte (EKG, Pulsoxymetrie, nicht invasive Blutdruckmessung). Es wurden 3 – 4 l O<sub>2</sub> / min über eine Maske verabreicht und ein periphervenöser Zugang gelegt, über den zügig 500 ml einer kristalloiden Lösung (Sterofundin®) infundiert wurden. Die Spinalanaesthesie wurde in Seitenlage durchgeführt. Nach verbringen der Patienten in Seitenlage (zu operierende Seite nach unten) und evtl. Lagekorrektur unter Zuhilfenahme geeigneter Lagerungskissen zur horizontalen Ausrichtung der Wirbelsäule wurde die Höhe des geplanten medianen Zugangs (L3/4 oder L4/5) gesucht und markiert. Nach ausgiebiger Hautdesinfektion erfolgte eine Lokalanästhesie mit 5 ml Scandicain® 1%. Nach erneuter Hautdesinfektion wurde unter sterilen Kautelen zunächst eine 4cm lange 22G Führungskanüle an der markierten Zugangsstelle platziert. Durch diese Führungskanüle erfolgte nun die Punktion des Subarachnoidalraums mit einer 27G Spinalkanüle vom Quincke-Typ (Spinocan®, B. Braun Melsungen AG), wobei darauf geachtet wurde, daß die Öffnung der Spinalkanüle zur zu operierenden Seite (nach unten) gerichtet war. Nach regelrechtem Liquorrückfluss wurden 2ml (=10 mg) hyperbares Bupivacain 0,5% (Carbostesin hyperbar 0,5%®) injiziert. Die Injektionsdauer betrug ca. 30 Sekunden. Es erfolgte keine Barbotage und keine erneute Liquoraspiration nach Abschluss der Injektion. Eine während der Seitenlagerung mögliche Einflussnahme auf die Höhe der Ausbreitung der Spinalanaesthesie durch Kopf Hoch- oder Tieflagerung war bei keinem der Patienten notwendig, da das

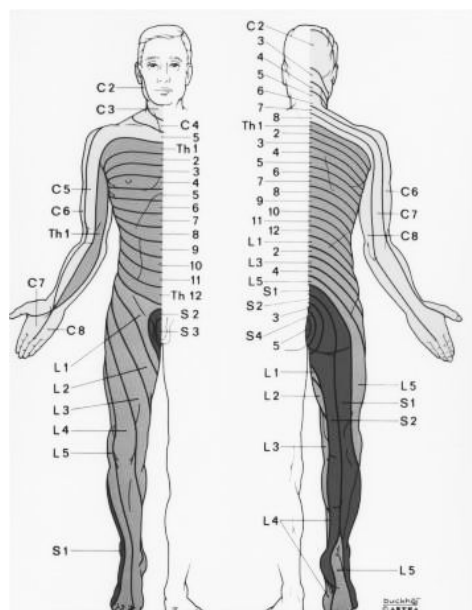
angestrebte Analgesieniveau stets erreicht wurde. Nach der definierten Wartezeit (5 min oder 15 min) wurden die Patienten ohne eigene Mithilfe wieder in Rückenlage gebracht.

### 3.3.4. Datenerhebung

#### 3.3.4.1. Perioperativ

Mit Hilfe eines Erhebungsbogens wurden zunächst Geburtsdatum, Körpergröße und Gewicht, Datum der Operation, Gruppenzugehörigkeit, Art und Seite des Eingriffs protokolliert. Nach erfolgter Spinalanaesthesia wurden dann die Punktionshöhe und der exakte Punktionszeitpunkt festgehalten.

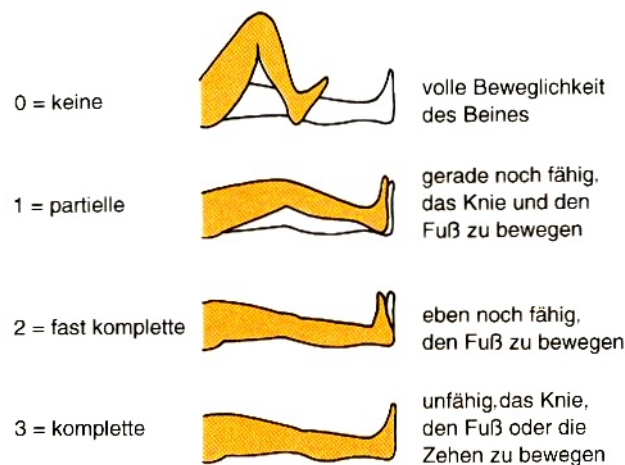
Das sensorische Niveau der Spinalanästhesie wurde nach 15 min, 30 min, 180 min und nach 300 min sowie zwischenzeitlich am OP-Ende bestimmt und protokolliert. Als Zeichen für eine sensorische Blockade wurde das Unvermögen des Patienten Kalt und Warm zu unterscheiden definiert. Die Austestung der sensorischen Blockade erfolgte seitengetrennt im Bereich der vorderen Axillarlinien unter Verwendung einer auf 4°C gekühlten Flüssigkeit. Die Darstellung der Dermatome erfolgte mit Hilfe des Hansen und Schlick-Schemas; (s. Abb. 2).



**Abb. 2:** Darstellung der spinalen Dermatome nach dem Hansen und Schlick-Schema.

Die motorische Blockade wurde ebenfalls nach 15 min, 30 min, 180 min, 300 min und jeweils am OP-Ende bestimmt und protokolliert. Das Ausmaß der motorischen Blockade wurde seitengetreunt mit Hilfe der Bromage-Skala ermittelt (s. Abb. 3).

Die Ausdehnung der Sympatikusblockade wurde nicht ermittelt.



**Abb. 3:** Bromage-Skala mit Zuordnung des Ausmaßes der Bewegungseinschränkungen zu den Graden 0 – 3.

Bei ausreichender Blockadehöhe und stabilen Kreislaufverhältnissen wurden die Patienten am Ende des ersten Untersuchungszeitraumes, 15 min nach Abschluss der Injektion, zur operativen Vorbereitung freigegeben.

Der Blutdruck wurde in 5-minütigen Intervallen mittels nicht invasiver Blutdruckmessung, die Herzfrequenz mittels 3-Kanal EKG kontinuierlich erfasst. Die Vitalparameter wurden einmal vor der Durchführung der Spinalanaesthesie und dann in 5-minütigen Intervallen protokolliert. Die Überwachung der Vitalparameter erfolgte unabhängig von der Operationsdauer für mindestens 60 Minuten. Systolische Blutdruckabfälle um mehr als 30% des Ausgangswertes oder unter 80 mmHg wurden mit 0,5 – 1,0 ml Akrinor® i.v. behandelt. Bradykardien wurden bei einer Herzfrequenz von unter 50 Schlägen/min mit 0,5 mg Atropin behandelt.

In einem eigens erstellten Studienprotokoll wurden die erhobenen Daten festgehalten.

### **3.3.4.2. Postoperativ**

Den Patienten wurde direkt postoperativ ein Fragebogen ausgehändigt und erläutert.

Gefragt wurde jeweils nach dem Zeitpunkt:

- der ersten Schmerzen im Operationsgebiet
- der normalen Beweglichkeit der rechten Zehen
- der normalen Beweglichkeit der linken Zehen
- der vollständigen Normalisierung des Gefühls im rechten Bein
- der vollständigen Normalisierung des Gefühls im linken Bein

Zusätzlich wurden Komplikationen und Nebenwirkungen am OP-Tag dokumentiert.

### **3.4. Statistische Berechnung**

Für jede einzelne Stichprobe wurde die deskriptive Statistik mit Mittelwert, empirischer Standardabweichung und empirischer Varianz errechnet. Die binomial verteilten Stichproben wurden mit einem  $\chi^2$ -Test für Vierfeldertafeln verglichen. Die anderen Stichproben wurden mit dem  $\chi^2$ -Anpassungstest auf Normalverteilung überprüft. Zur Prüfung der Vergleichbarkeit der Varianzen dieser Stichproben diente der Zwei-Stichproben-Test für Streuungsparameter (F-Test). Bei Vorliegen der Bedingungen für parametrische Tests wurden die Stichproben mit dem Zwei-Stichproben-t-Test für unverbundene Stichproben überprüft. Bei fehlenden Bedingungen für parametrische Tests erfolgte die Überprüfung mit dem U-Test nach Mann-Whitney-Wilcoxon.

Alle Tests wurden auf dem Niveau einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $p \leq 0,05$  durchgeführt.

## 4. Ergebnisse

### 4.1. Patientendaten

In die Untersuchung wurden 48 Patienten aufgenommen. Davon mussten 8 nachträglich aus den folgenden Gründen wieder ausgeschlossen werden:

- ein Patient musste nach frustranen Punktionsversuchen in Intubationsnarkose operiert werden.
- ein Patient konnte nach frustranen Punktionsversuchen in Seitenlage nur im Sitzen erfolgreich punktiert werden.
- zwei Patienten wurden aufgrund intraoperativ auftretender Beschwerden im OP-Gebiet bzw. im Gebiet der Blutleere endotracheal intubiert und somit der Eingriff als Allgemeinanaesthesie fortgeführt.
- vier Patienten füllten den postoperativen Fragebogen nicht oder nur fehlerhaft aus.

#### 4.1.1. Morphometrische Daten

Hinsichtlich der morphometrischen Patientendaten waren die beiden Gruppen in Bezug auf Grösse und Alter vergleichbar, lediglich beim Körpergewicht ergab sich ein zwar geringer aber statistisch signifikanter Unterschied. So wogen die Patienten der Gruppe 1 (5 min) im Mittel 80,75 Kg und die der Gruppe 2 (15 min) im Mittel 71,15 Kg.

	Gruppe 1 (5 min)	Gruppe 2 (15 min)
Patientenzahl [n]	20	20
Geschlecht [m/w]	13 / 7	12 / 8
Grösse [cm]	175,85 ± 8,49	171,65 ± 7,50
Gewicht [kg]	80,75 ± 14,72	71,15 ± 10,19
Alter [Jahre]	50,35 ± 16,60	43,13 ± 12,81

**Tabelle 1:** Morphometrische Patientendaten der beiden Gruppen.

#### 4.1.2. Sonstige Variablen

##### 4.1.2.1. Operationsdauer und Operationsseite

Sowohl bei der Dauer der Operation wie auch bei der Seitenverteilung des Operationsgebietes wurden zwischen den beiden Gruppen keine statistisch signifikanten Unterschiede festgestellt.

	Gruppe 1 (5 min)	Gruppe 2 (15 min)
OP – Dauer [min]	84,20 ± 24,68	90,10 ± 23,83
Seitenverteilung [li./re.]	10 / 10	8 / 12

**Tabelle 2:** Mittlere Operationsdauer und Seitenverteilung der beiden Gruppen.

##### 4.1.2.2. OP-Lokalisation

Bei den in die Untersuchung eingeschlossenen Patienten wurden operative Eingriffe an folgenden Lokalisationen durchgeführt.

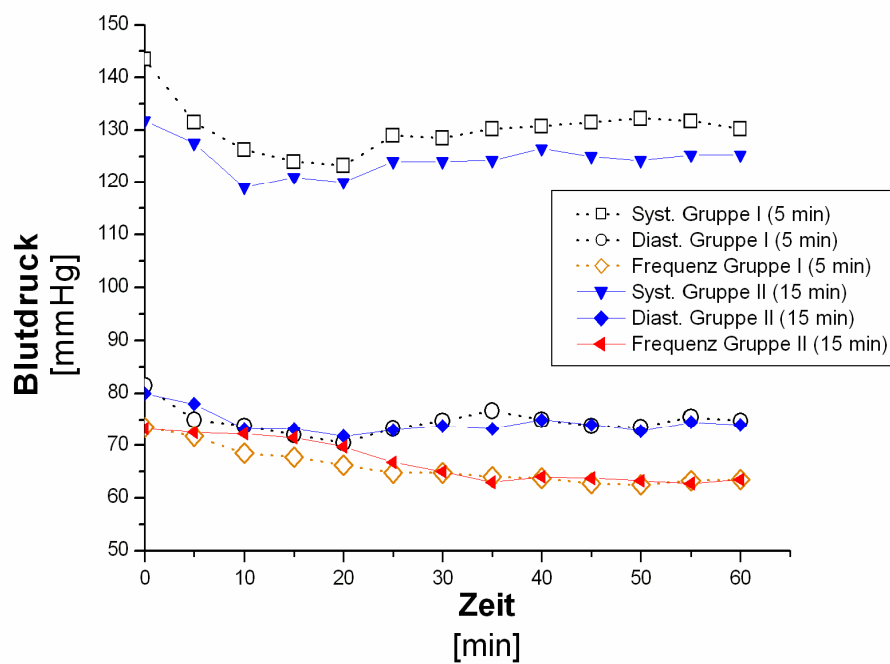
	Patientenzahlen [n]	
OP-Lokalisation	Gruppe 1	Gruppe 2
Hüfte (Totalendoprothese, Hüftkopfanbohrung)	3	2
Oberschenkel (Quadrizepssehnennaht, Ganglion)	1	1
Knie (Kreuzbandplastik, Arthroskopie)	11	5
Unterschenkel (Osteosynthese, Metallentfernung)	0	2
Sprunggelenk (Osteosynthese, Metallentfernung)	5	5
Fuß (Talusanbohrung, Sehnenrefixation)	0	5

**Tabelle 3:** OP-Lokalisation in den beiden Gruppen.

#### 4.2. Kreislaufparameter

Bei den im Verlauf der Spinalanästhesie erhobenen Vitalparametern (systolischer Blutdruck, diastolischer Blutdruck, Herzfrequenz) konnte statistisch kein Unterschied zwischen der Gruppe I (5 min) und der Gruppe II (15 min) nachgewiesen werden (s. Abb. 4).

In Gruppe I kam es bei zwei Patienten jeweils 20 Minuten und bei einem Patienten 25 Minuten nach Injektion zu einer behandlungsbedürftigen Hypotonie und bei einem Patienten, ebenfalls nach 20 Minuten, zu einer behandlungsbedürftigen Bradykardie. In Gruppe II kam es bei einem Patienten 20 Minuten nach Injektion zu einer behandlungsbedürftigen Hypotonie und bei einem Patienten nach 35 Minuten zu einer behandlungsbedürftigen Bradykardie.

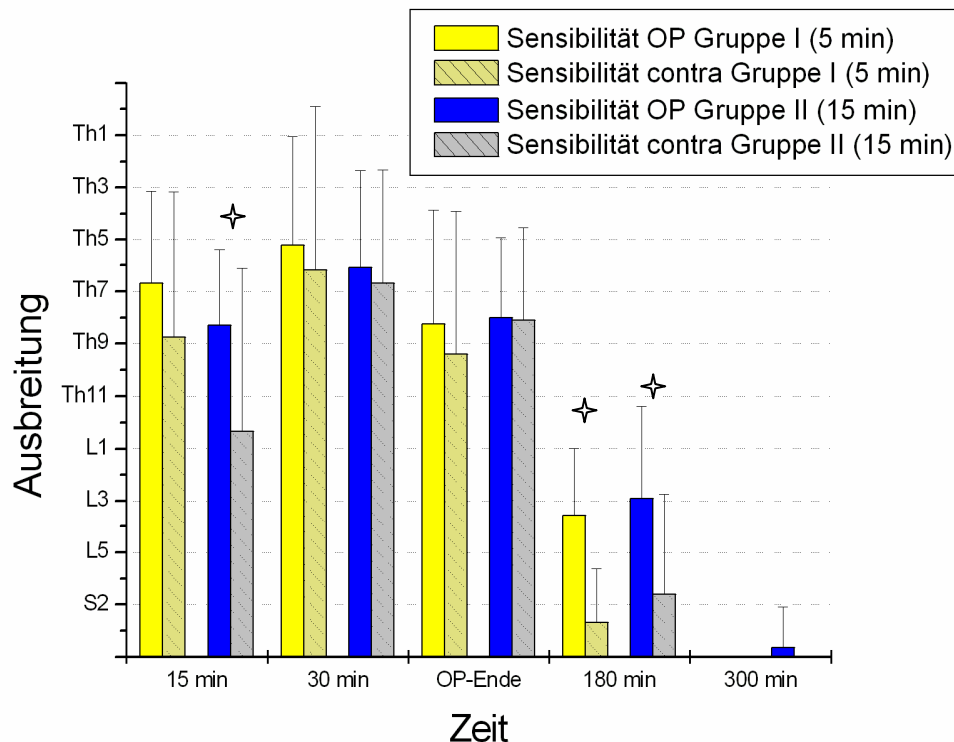


**Abb. 4:** Mittelwerte der Kreislaufparameter der beiden Gruppen.



#### **4.3. Verlauf der seitengetrennten sensorischen Blockade**

Zu Beginn der Austestung (15 min nach Abschluss der Injektion) unterschied sich die mittlere sensible Ausbreitung zwischen der zunächst unten und oben liegenden Seite in Gruppe I um 2 Segmente (Th 7 vs. Th 9) und in Gruppe II um 4 Segmente (Th 8 vs. Th 12). Die beobachteten Unterschiede in Gruppe II waren, im Gegensatz zu Gruppe I, signifikant. Bei der Seitenbetonung in Gruppe II muss die bis unmittelbar vor der ersten Austestung beibehaltene Seitenlagerung beachtet werden. Im weiteren Verlauf glichen sich die Seitenunterschiede weitgehend an. Nach 30 min unterschied sich die sensible Ausbreitung in Gruppe I um 1 Segment (Th 5 vs. Th 6) und in Gruppe II um 1 Segment (Th 6 vs. Th 7). Die nächste Austestung erfolgte am Operationsende und stellt somit keinen einheitlichen Zeitpunkt dar. In Gruppe I betrug die mittlere Operationsdauer 84 min, in Gruppe II 90 min. Am Operationsende unterschied sich die mittlere sensible Ausbreitung in Gruppe I um 1 Segment (Th 8 vs. Th 9) und in Gruppe II um 0 Segmente (Th 8 vs. Th 8). Nach deutlicher Rückbildung der sensorischen Blockade zeigte sich erneut eine Seitenbetonung. 180 min nach Injektion unterschied sich die sensible Ausbreitung in Gruppe I signifikant um 4 Segmente (L 4 vs. S 3) und in Gruppe II signifikant um ebenfalls 4 Segmente (L 3 vs. S 2). Die letzte Austestung erfolgte nach 300 min. Zu diesem Zeitpunkt war nur noch bei einem Patienten aus Gruppe II eine sensible Blockade bis L 2 auf der zunächst unten liegenden Seite nachweisbar (s. Abb. 5).



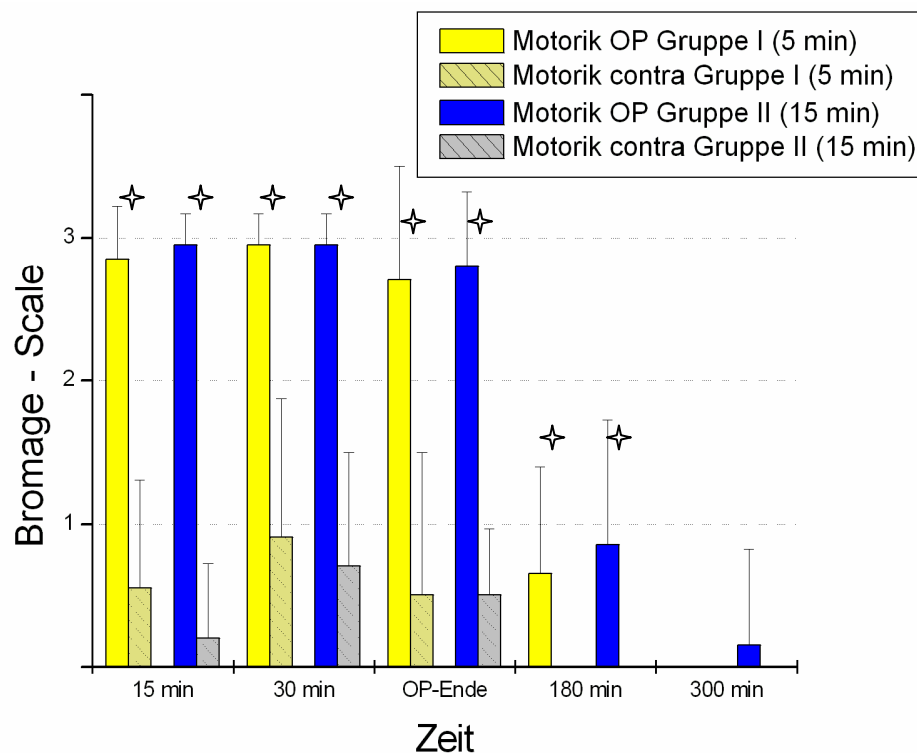
**Abb. 5:** Ausmaß der sensiblen Blockade seitengetreunt an den einzelnen Testzeitpunkten. Die Markierung „OP-Ende“ stellt keinen einheitlichen Zeitpunkt dar. Die Begriffe „OP“ und „contra“ bezeichnen die beim Patienten während der Seitenlagerung unten (OP) und oben (contra) positionierte Seite.

✦ :  $p \leq 0,05$

#### 4.4. Verlauf der seitengetreunten motorischen Blockade

Im Gegensatz zur Sensibilität zeigte sich bei der motorischen Blockade eine deutliche, und im Verlauf anhaltend signifikante, Seitenbetonung zugunsten der zunächst unten liegenden Seite. Nach 15 Minuten unterschied sich die motorische Blockade zwischen den zunächst unten und oben liegenden Seiten in Gruppe I im Mittel um 2,3 Punkte der Bromage-Skala (2,9 vs. 0,6) und in Gruppe II im Mittel um 2,8 Punkte der Bromage-Skala (3,0 vs. 0,2). Bei der Bewertung der Seitenbetonung in Gruppe II muss die bis zum Zeitpunkt der ersten Austestung beibehaltene Seitenlagerung berücksichtigt werden. Nach 30 min unterschied sich die motorische Blockade zwischen der zunächst unten und oben liegenden Seite in Gruppe I im Mittel um 2,1 Punkte der Bromage-Skala (3,0 vs. 0,9) und in Gruppe II im Mittel um 2,3 Punkte der Bromage-Skala (3,0 vs. 0,7). Am uneinheitlichen Zeitpunkt des Operationsendes (Gruppe I: 84 min, Gruppe

II: 90min) unterschied sich die motorische Blockade in Gruppe I durchschnittlich um 2,2 Punkte der Bromage-Skala (2,7 vs. 0,5) und in Gruppe II durchschnittlich um 2,3 Punkte der Bromage-Skala (2,8 vs. 0,5). Nach 180 min unterschied sich die motorische Blockade in Gruppe I durchschnittlich um 0,7 Punkte der Bromage-Skala (0,7 vs. 0) und in Gruppe II durchschnittlich um 0,9 Punkte der Bromage-Skala (0,9 vs. 0). Bei der letzten Untersuchung nach 300 min war nur noch bei einem Patienten eine motorische Blockade (Bromage 3) auf der zunächst unten liegenden Seite objektivierbar (s. Abb. 6).



**Abb. 6:** Ausmaß der motorischen Blockade seitengetreunt an den einzelnen Testzeitpunkten. Die Markierung „OP-Ende“ stellt keinen einheitlichen Zeitpunkt dar. Die Begriffe „OP“ und „contra“ bezeichnen die beim Patienten während der Seitenlagerung unten (OP) und oben (contra) positionierte Seite.

✦ :  $p \leq 0,05$

#### 4.5. Anzahl strikt einseitiger Blockaden

	Gruppe 1 (5 min) n = 20	Gruppe 2 (15 min) n = 20
Sensorisch	2 (10%)	0 (0%)
Motorisch	8 (40%)	9 (45%)
Komplett (Sensorisch und Motorisch)	2 (10%)	0 (0%)

**Tabelle 4:** Anzahl der strikt einseitigen Blockaden der beiden Gruppen

In Gruppe I bildeten sich zunächst bei 12 Patienten (60%) einseitige motorische Blockaden und bei 2 Patienten (10%) einseitige sensorische Blockaden sowie bei 2 Patienten (10%) komplett einseitige Blockaden aus. Von den 12 Patienten mit einseitiger motorischer Blockade zeigten im Verlauf nach Umlagerung 4 ein Übergreifen der Blockade auf die zunächst oben gelegene Seite. Die bei zwei Patienten beobachtete strikt einseitige sensible Blockade war über den gesamten Beobachtungszeitraum von Bestand und von einer ebenfalls strikt einseitigen motorischen Blockade begleitet (s. Tab. 4 letzte Zeile).

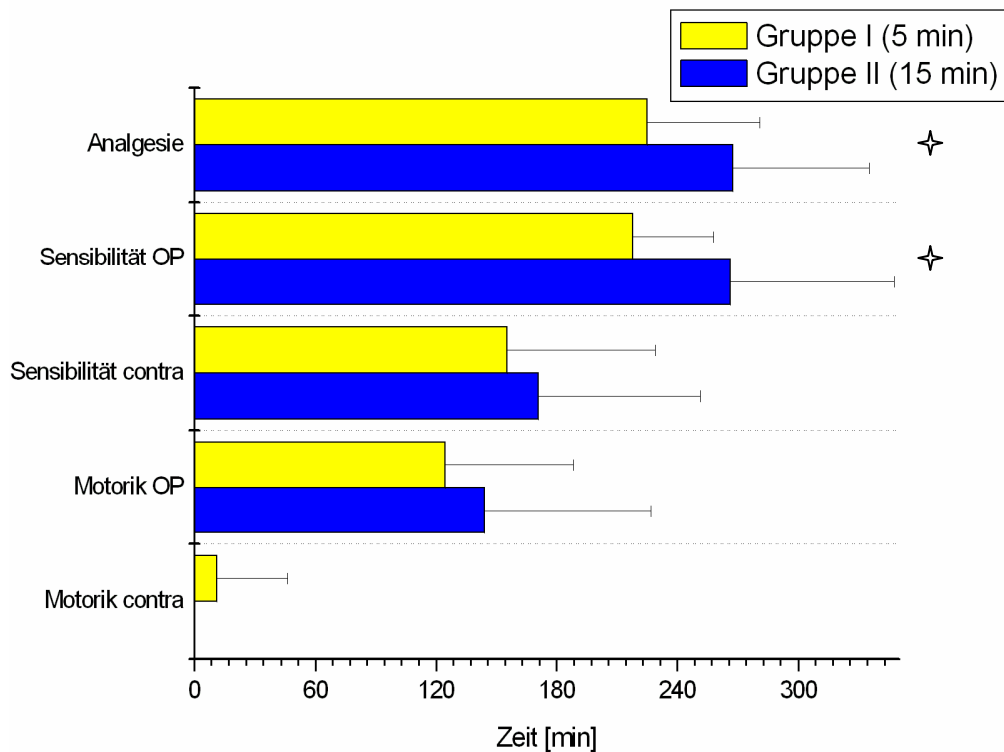
In Gruppe II, die bis zum Zeitpunkt der ersten Austestung in Seitenlage verblieb, bildeten sich zunächst bei 17 Patienten (85%) einseitige motorische Blockaden und bei 6 Patienten (30%) einseitige sensorische Blockaden sowie bei 6 Patienten (30%) komplett einseitige Blockaden aus. Von den 17 Patienten mit einseitiger motorischer Blockade zeigten im Verlauf nach Umlagerung 8 ein Übergreifen der Blockade auf die zunächst oben gelegene Seite. Von den 6 Patienten mit einseitiger sensorischer Blockade zeigten alle im Verlauf nach Umlagerung ein Übergreifen der Blockade auf die zunächst oben gelegene Seite.

#### **4.6. Subjektive Dauer von Analgesie, sensibler und motorischer Blockade**

Nach den Angaben der Patienten im postoperativen Fragebogen traten die ersten Schmerzen im Operationsgebiet in Gruppe I im Mittel nach 225 min auf. In Gruppe II im Mittel nach 268 min. Jeweils ein Patient in Gruppe I und Gruppe II gaben zu keinem Zeitpunkt Schmerzen an.

Die mittlere Dauer bis zur Rückkehr der subjektiv normalen Sensibilität betrug in Gruppe I 218 min auf der operierten Seite und 155 min auf der nicht operierten Seite. In Gruppe II betrug die mittlere Dauer bis zur Rückkehr der subjektiv normalen Sensibilität 266 min auf der operierten Seite und 171 min auf der nicht operierten Seite. Dabei gaben 2 Patienten in Gruppe I und ein Patient in Gruppe II bereits am Operationsende eine subjektiv normale Sensibilität der nicht operierten Seite an.

Die mittlere Dauer bis zur subjektiven Normalisierung der Motorik betrug auf der operierten Seite in Gruppe I 125 min und in Gruppe II 144 min. Dabei gaben jeweils 3 Patienten in Gruppe I und II unmittelbar postoperativ eine normale Motorik der operierten Seite an. Auf der nicht operierten Seite gaben nur 2 Patienten in Gruppe I postoperative Einschränkungen der Motorik an. Die beobachteten Unterschiede waren bei dem Merkmal „Analgesie“ und „Sensibilität OP“ signifikant ( $p > 0,05$ ) wohingegen bei den Merkmalen „Sensibilität contra“, „Motorik OP“ und „Motorik contra“ die beobachteten Unterschiede als zufällig bewertet werden müssen (s. Abb. 7).



**Abb. 7:** Analgesiedauer und Zeit bis zur subjektiven Normalisierung von Sensibilität und Motorik in Minuten nach Abschluss der Injektion. Die Begriffe „OP“ und „contra“ bezeichnen die beim Patienten während der Seitenlagerung unten (OP) und oben (contra) positionierte Seite.

✦ :  $p \leq 0,05$

#### 4.7. Einfluss der Lagerungsdauer

In der Ausbreitung der sensorischen Blockade war zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen der Gruppe I mit 5 min Seitenlagerung und der Gruppe II mit 15 min Seitenlagerung feststellbar. Auch im Ausmaß der motorischen Blockade konnte zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen Gruppe I und Gruppe II festgestellt werden.

Signifikante Gruppenunterschiede gab es nur bei der subjektiven Sensibilitätseinschränkung der operierten Seite und bei der Analgesiedauer. In Gruppe I trat die subjektive Normalisierung der Sensibilität der operierten Seite im Mittel 48 min früher ein als in Gruppe II (218 min vs. 266 min). In Gruppe I gaben die Patienten im Mittel 43 min früher Schmerzen im OP-Gebiet an als in Gruppe II (225 min vs. 268 min).

#### **4.8. Besonderheiten**

Bei einem Patient in Gruppe I kam es zu einem Harnverhalt 185 min nach Spinalanaesthesie, der mittels Einmalkatheterisierung behandelt werden musste. Bei keinem der Patienten wurden postpunktionelle Kopfschmerzen, Rückenschmerzen oder andere neurologische Symptome beobachtet.

## **5. Diskussion**

### **5.1. Diskussion der Methode**

#### **5.1.1. Patientenkollektiv**

Die Ein- und Ausschlusskriterien bei dieser Untersuchung entsprachen denen der täglichen klinischen Praxis für Spinalanästhesien. So führten die fehlende Einwilligung des Patienten und medizinische Kontraindikationen für eine Spinalanaesthesia zum Ausschluss. Studienbezogene Ausschlusskriterien waren eine Körpergrösse von weniger als 160 cm und fehlende Bereitschaft oder Eignung zur Beantwortung des postoperativen Fragebogens. Die Körpergrösse der Patienten wurde als Vorsichtsmassnahme begrenzt um einer „hohen“ Spinalanaesthesia bei vorgegebener Wirkstoffmenge (2,0 ml Bupivacain 0,5% hyperbar) vorzubeugen. So waren bei der Untersuchung Patienten verschiedener Altersgruppen (18 – 80 Jahre) und unterschiedlicher Körperkonstitution (53 – 107 Kg KG und 160 – 190 cm Körpergrösse) vertreten. Die Anzahl der Männer (n = 25) war grösser als die der Frauen (n = 15). Um den Einfluss von Körpergrösse, Gewicht, Alter und Geschlecht auf den Verlauf der seitenbetonten Spinalanaesthesia zu erfassen wäre ein wesentlich grösseres Patientenkollektiv notwendig gewesen.

Bei den morphometrischen Daten der beiden Gruppen war lediglich beim Körpergewicht ein geringer Unterschied nachweisbar. Bewertet man die nachfolgend dargestellten Mitteilungen der Literatur dazu, so ist eine Beeinflussung der Ergebnisse durch dieses einzige etwas unterschiedliche Gruppenmerkmal auszuschließen.

Nach Greene [27] beeinflussen 6 patientenbezogene Faktoren die Höhe der Blockadeausbreitung und den zeitlichen Verlauf einer Spinalanaesthesia: Grösse, Gewicht, Alter, Geschlecht, Anatomie des Spinalraumes und das lumbosacrale Liquorvolumen. Neuere Untersuchungen relativieren jedoch den Einfluss dieser Patientencharakteristika wieder. So zeigte Hartwell [30] dass nicht die Körpergrösse, sondern vielmehr die Länge des Durasackes Einfluss auf die Verteilung des Lokalanästhetikums hat. Auch Norris [50] fand keine Korrelation zwischen Körpergrösse und Blockadeausbreitung.



Die kranialere Ausbreitung der Spinalanästhesie bei adipösen Patienten [52] wird durch die Zunahme von epiduralem Fett sowie durch die Stauung epiduraler Venen durch den erhöhten intraabdominalen Druck und die daraus folgende Verringerung des spinalen Liquorvolumens erklärt. Einen zusätzlichen Unsicherheitsfaktor für die kranialere Ausbreitung einer Spinalanaesthesia bei adipösen Patienten stellt die oft durch die Körperfülle erschwerte Identifizierung des gesuchten Zwischenwirbelraumes dar, so dass eine um ein bis zwei Zwischenwirbelräume weiter kranial gelegene Applikation des Lokalanästhetikums in den Spinalraum Ursache für die höhere Ausbreitung sein kann [8]. Norris konnte dagegen keine Korrelation zwischen Gewicht und der Ausdehnung der Spinalanästhesie insbesondere bei Verwendung von hyperbarem Bupivacain, wie in unserer Untersuchung verwendet, nachweisen [50].

Mit zunehmendem Alter zeigt sich bei Spinalanaesthesien eine höhere Ausbreitung und eine verlängerte Wirkdauer [56]. Als Ursache werden altersphysiologische Veränderungen, wie reduziertes Liquorvolumen oder durch Degeneration veränderte spinale Anatomie, diskutiert.

Als wichtigster morphologischer Faktor für die Blockadehöhe und den Verlauf einer Spinalanästhesie gilt heute das spinale Liquorvolumen [9]. Jedoch kann dieser Parameter auf Grund aufwendiger Bestimmungsmethoden und erheblicher interindividueller Varianz nicht zur Dosisfindung im klinischen Alltag beitragen. Durch die Randomisierung bei unseren Untersuchungen ist jedoch davon auszugehen, dass diesbezüglich mögliche Einflüsse auf beide Gruppen entsprechend verteilt wurden.

### **5.1.2. Durchführung der Spinalanaesthesia**

Vorraussetzung für das Entstehen einer seitenbetonten Spinalanaesthesia ist die selektiv einseitige Blockade der Spinalnervenzwurzeln durch das Lokalanästhetikum. Um eine entsprechende intrathekale Verteilung des Lokalanästhetikums zu erreichen erfolgte die Punktion und Injektion in Seitenlage, sodass bei einer hyperbaren Lokalanästhetikazubereitung die zu anaesthetisierende Seite unten zu liegen kam.

Die Punktion erfolgte in dieser Untersuchung über einen medianen Zugang zwischen L3/L4 oder L4/L5. Im Gegensatz zur isobaren Technik bei der eine kranialere Anästhesieausbreitung bei höher gewähltem Intervertebralraum beschrieben wird [62], ist der Punktionsort bei der Spinalanaesthesie mit hyperbaren Lokalanästhetikazubereitungen für die Ausbreitung von untergeordneter Rolle [65]. Hier bestimmen in erster Linie die Schwerkraft, die anatomische Form der Wirbelsäule und die Lagerung des Patienten die Richtung und das Ausmaß der Ausbreitung. Eine zu geringe craniale Ausbreitung kann so durch kurzzeitige Kopftieflagerung und konsekutive Verlagerung des Lokalanästhetikumdepots korrigiert werden. Bei den hier untersuchten Patienten wurde immer primär eine für die Operation ausreichende Blockade erreicht, so dass ein Lagerungsmanöver nicht erforderlich war.

Auch unterschiedlichen Spinalnadeltypen mit verschiedenen Ausrichtungen der Nadelöffnung wird ein Einfluss auf die intrathekale Ausbreitung des Lokalanästhetikums zugeschrieben. So wird z.B. mit einer Pencil-Point-Nadel durch ihre seitlich gelegene Öffnung das Lokalanästhetikum schon bei der Injektion in eine definierte Richtung dirigiert [59, 63]. Ein möglicher Einfluss dieser gerichteten Applikation wäre in unserer Untersuchung klinisch jedoch von untergeordneter Bedeutung gewesen, da durch den hyperbaren Charakter der Lokalanästhetikazubereitung die Fließrichtung und Ausbreitung der Lösung dominiert wird.

Welche Bedeutung für eine unilaterale Lokalanästhetikaausbreitung in diesem Zusammenhang der Injektionsgeschwindigkeit zukommt ist unklar. In vitro wurde bei Injektionsgeschwindigkeiten von 8 ml/min mit einer 29G-Kanüle eine turbulent-diffuse Verteilung des Injektats beobachtet, während bei einer Injektionsgeschwindigkeit von 1 ml/min eine laminare Strömung erzeugt wurde [18]. Die gleiche Arbeitsgruppe konnte auch in einer klinischen Untersuchung, in der bei Anwendung von hyperbarem Bupivacain Injektionsgeschwindigkeiten von 7,5 ml/min und 0,5 ml/min miteinander verglichen wurden, einen positiven Effekt der langsamen Injektion auf die einseitige Ausprägung der Spinalanästhesie zeigen. Dagegen zeigte sich in Untersuchungen von Casati et al. [12, 14] und Stienstra et al. [58] kein Vorteil einer langsamen gegenüber einer schnellen Injektionsgeschwindigkeit in Hinsicht auf die Anaesthesieausbreitung. Der von Serpell et al. [57] in vitro beschriebene laminare Strom wird durch anatomische

Strukturen im Subarachnoidalraum gestört, wodurch sich der Einfluss einer langsamen Injektion in vivo relativiert.

Da wir bei unserer Untersuchung mit einer bei uns auch in der klinischen Praxis üblichen Spinalkanüle vom Quincke-Typ und einer einheitlichen Injektionsgeschwindigkeit von etwa 4 ml/min gearbeitet hatten mussten bei Wertung der Ergebnisse weder der Spinalkanülentyp noch die Injektionsgeschwindigkeit als Einflussgrößen gesondert berücksichtigt werden.

### **5.1.3. Wahl und Dosis des Lokalanästhetikums**

In der vorliegenden Untersuchung wurde Bupivacain (Carbostesin<sup>®</sup>) 0,5% hyperbar als Lokalanästhetikum verwendet. Bupivacain ist eines der in Europa am häufigsten verwendeten Lokalanästhetika für Spinalanästhesien [47]. Es zeichnet sich im Vergleich zu Lidocain oder Mepivacain durch ein signifikant reduziertes Risiko für transitorische neurologische Symptome aus [17]. Ursächlich für die Auswahl von Bupivacain als Wirkstoff für diese Untersuchung war in erster Linie seine hohe Lipophilie im Vergleich zu Mepivacain oder Lidocain. Es kann angenommen werden dass durch diese ausgeprägte Lipophilie schon nach kurzer Zeit ein grosser Teil des Lokalanästhetikums aus dem Liquor an lipidhaltige Nervenstrukturen gebunden wird was von Vorteil für den Erfolg einer Hemi-Spinalanaesthesia wäre [23].

Als hypobar werden Lokalanästhetikallösungen bezeichnet deren Dichte um mindestens 0,1 % geringer ist als die Dichte des Liquors. Als hyperbar werden Lokalanästhetikallösungen bezeichnet deren Dichte um mindestens 0,1 % höher ist als die Dichte des Liquors [47]. Die in dieser Untersuchung verwendete Lokalanästhetikazubereitung hat durch den Zusatz von 20 mg Glucose/ml eine um 2,05 % höhere Dichte (1,021 g/ml) als Liquor (1,0003 – 1,0007 g/ml) und ist somit deutlich hyperbar. Wir entschieden uns für die Verwendung einer hyperbaren Lokalanästhetikallösung, da für diese, im Vergleich zu hypobaren Lösungen, über eine signifikant höhere Erfolgsrate bei Hemi-Spinalanaesthesien berichtet wurde [32, 36] und hyperbare Spinalanaesthesien ein klinisches Routineverfahren darstellen.

Die Dosis des Lokalanästhetikums wird als eine bedeutende Einflussgrösse für die Ausbreitung einer Spinalanästhesie beschrieben [15]. Hierbei ist bemerkenswert, daß das verabreichte Volumen und die Konzentration der Lokalanästhetikallösung keinen wesentlichen Einfluss haben, sondern nur die applizierte Gesamtdosis des Wirkstoffes [3, 39]. Die Erhöhung der Dosis führt allerdings nicht zwangsläufig zu einer Zunahme der Ausbreitung sondern vor allem zu einer Verlängerung der Wirkdauer [6, 51]. Eine reduzierte Dosis des hyperbaren Lokalanästhetikums hingegen soll die Erfolgsrate in Bezug auf die Seitenbetonung bei der Hemi-Spinalanaesthesia erhöhen. So zeigten Pittoni et al. für Dosierungen hyperbaren Bupivacains 0,5% <0,05 mg/cm Körpergrösse eine höhere Wahrscheinlichkeit eine einseitige Blockierung zu erreichen als für Dosierungen >0,05 mg/cm Körpergrösse [53]. Einige klinische Studien berichten über extrem niedrige Lokalanästhetikadosierungen bis herunter zu 4 mg Bupivacain für die Hemi-Spinalanaesthesia [24, 64]. Eine solch radikale Dosisminderung muss nach unserer Meinung aber sehr kritisch gesehen werden, da diese zunehmende Reduzierung der Dosis zu einer inakzeptablen Inzidenz unzureichender Blockaden im klinischen Alltag führen kann [25, 53]. In der vorliegenden Untersuchung wurden 10 mg Bupivacain verwendet, um eine ausreichende Ausbreitung und Dauer der Blockade, auch für proximal am Oberschenkel gelegene Eingriffe, von deutlich über einer Stunde zu erreichen [20, 45].

## 5.2. Diskussion der Ergebnisse

Gegenstand dieser Arbeit war es den Einfluss der Dauer der Seitenlagerung auf die Qualität und den Verlauf einer Hemi-Spinalanästhesie mit hyperbarem Bupivacain aufzuzeigen. Die Bedeutung, die der Dauer der Seitenlagerung für den Erfolg einer seitenbetonten Spinalanästhesie in der Literatur zugeschrieben wird, ist inkongruent. Die Empfehlungen reichen von 5 bis zu 30 Minuten Seitenlagerung [20, 35, 53, 61]. Als für den klinischen Ablauf praktikable Dauer wurden in dieser Arbeit 5 und 15 Minuten Seitenlagerungsdauer miteinander verglichen.

Die Ergebnisse unserer Untersuchung sind hinsichtlich der gewünschten sensorischen Seitendifferenz enttäuschend. Eine signifikante Seitenbetonung zeigte sich zunächst nur 15 Minuten nach Injektion in der Gruppe, die bis zur Austestung 15 Minuten in Seitenlage verblieben war (Gruppe II). Diese Seitenbetonung verschwand im weiteren Verlauf nach der Umlagerung in Rückenlage. Eine „Mitblockade“ der anderen Seite nach einer initialen Seitenbetonung ist ein häufig beschriebenes Phänomen [19, 23, 32, 44]. Ursächlich hierfür ist die nach Abschluss der Seitenlagerung weiter bestehende hohe Konzentration von frei im Liquor vorhandenem hyperbarem Lokalanästhetikum. Die minimale Liquorkonzentration die zum Erreichen einer spinalen Nervenblockade nötig ist wurde von Meyer und Nolte mit  $\geq 35\mu\text{g}$  Bupivacain/ml Liquor beschrieben [46]. Die Bindung des lipophilen Bupivacains an die lipidhaltigen Strukturen des Nervengewebes und die Resorption des Wirkstoffes durch das Gefäßsystem [28, 34] reichen offensichtlich nicht aus, um in der Dauer der Seitenlagerung die Liquorkonzentration hinlänglich zu reduzieren. Für hohe Dosen hyperbaren Bupivacains konnte eine Umverteilung nach Beendigung des Lagerungsmanövers selbst noch 90 Minuten nach subarachnoidaler Injektion gezeigt werden [4, 55]. So erklärt sich auch der fehlende Einfluss der Lagerungsdauer auf den Verlauf der sensiblen Blockadeausbreitung in dieser Arbeit. Nach Beendigung der Seitenlagerung konnte zu keinem Zeitpunkt ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen (5 und 15 Minuten) hinsichtlich der sensiblen Blockadeausbreitung oder der Seitendifferenz nachgewiesen werden. Die Tatsache, daß sich bereits direkt nach Umlagerung in Gruppe II (15 min) eine zwar reduzierte, aber doch eindeutige sensible Mitblockade der zuvor oben liegenden Seite bei 14 von 20 Patienten zeigte, lässt vermuten, daß die

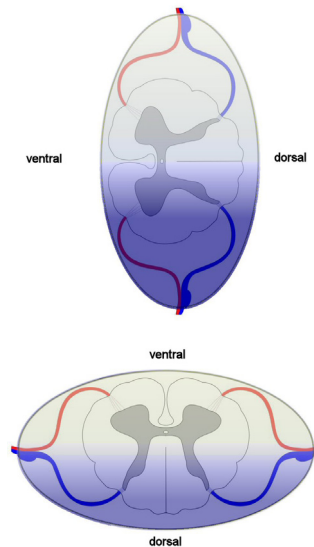
vertikale Ausdehnung des Lokalanästhetikumdepots bereits in Seitenlage zu einer Affektierung der zuvor oben liegenden Nervenwurzeln führen kann [19].

Ein Hinweis darauf, dass es überhaupt zu einer Reduktion der frei vorhandenen Lokalanästhetikakonzentration während der Lagerungsdauer kommt, ist die signifikant längere sensible Blockade der vormals unten liegenden Seite. So zeigte sich 180 Minuten nach intrathekalen Injektion, nach deutlichem Rückgang der Spinalanästhesie, eine signifikante Seitenbetonung zugunsten der operierten Seite. Die Mitblockade der nicht operierten Seite durch das nach Umlagerung herüberlaufende hyperbare Lokalanästhetikum ist offensichtlich durch die reduzierte Konzentration (und somit Dosis) von kürzerer Dauer.

Im Gegensatz zur Sensibilität zeigte sich bei der motorischen Blockade eine deutliche und über den gesamten Beobachtungszeitraum anhaltende Seitenbetonung. Eine mögliche Ursache für diese Differenz zwischen sensibler und motorischer Blockade ist auch hier die Wirkstoffkonzentration im Liquor, die sich nach Umlagerung der Schwerkraft folgend auf die zuvor oben liegende Seite umverteilt. Diese Wirkstoffkonzentration, die zur Mitblockade der sensiblen Fasern führt, ist offensichtlich zu gering, um auch eine vollständige Blockade der motorischen Efferenzen (Fasertyp A $\alpha$ ) herbeizuführen. Ein weiterer Grund für die unterschiedliche Ausprägung der Seitenbetonung von Motorik und Sensibilität könnte die anatomische Position der spinalen Vorder- und Hinterwurzel sein. Da das nach der Seitenlagerung verbleibende hyperbare Lokalanästhetikum der Schwerkraft folgt, kommt es nach Umlagerung im dorsalen Bereich des Subarachnoidalraumes zu liegen. In Folge dessen ist die Konzentration, die auf die sensiblen Fasern der Hinterwurzeln einwirkt, höher als die Konzentration, die auf die motorischen Fasern in den ventral gelegenen Vorderwurzeln einwirkt (s. Abb. 8).

Da es trotzdem zu einer Mitbeteiligung der Motorik der nicht operierten Seite nach Umlagerung kommt, wird besonders deutlich, wenn man nicht die Mittelwerte sondern die Anzahl der strikt einseitigen motorischen Blockade (Bromage 3 vs. 0) in Gruppe II (15 min) betrachtet. Direkt nach der 15 minütigen Seitenlagerung zeigten 17 der 20 Patienten eine strikt einseitige motorische Blockade. 15 Minuten nach dem Umlagern war bei 8 der 17 Patienten eine zwar in der Ausprägung reduzierte aber doch eindeutige

Mitbeteiligung der nicht operierten Seite nachweisbar. Auch für den Verlauf der motorischen Blockade hatte die Lagerungsdauer nach unseren Ergebnissen keinen bedeutsamen Einfluss.



**Abb. 8:** Schematische Darstellung der anzunehmenden Wirkstoffkonzentrationen an Vorder- und Hinterwurzeln; der obere Teil der Abbildung stellt die Seitenlage, der untere die Rückenlage dar.

Nachdem wir keine Beeinflussung der Lagerungsdauer auf die Ausprägung und die Seitenbetonung der Blockade nachweisen konnten zeigte sich nach Auswertung der postoperativen Fragebögen jedoch ein Einfluss auf die Dauer der Blockade. So gaben die Patienten der Gruppe I (5 min) im Mittel 43 Minuten früher Schmerzen im Operationsgebiet an als die Patienten in Gruppe II (15 min). In Gruppe I (5 min) kam es außerdem im Mittel 48 Minuten früher zu einer subjektiven Normalisierung der Sensibilität auf der operierten Seite als in Gruppe II (15 min). Diese Beobachtungen, wie auch die oben beschriebene Demaskierung einer Seitenbetonung 180 Minuten nach Injektion, decken sich mit Ergebnissen von Esmaglu et al., Martin-Salvaj et al. und Sumi et al. die eine verlängerte Blockadedauer der operierten Seite und eine analoge verkürzte Blockadedauer der nicht operierten Seite in Abhängigkeit von der Dauer der Seitenlagerung zeigen konnten [20, 44, 60].

Ob mit einer noch längeren Seitenlagerungsdauer ein grösserer Erfolg hinsichtlich der Seitenbetonung erzielt werden kann bleibt mit unserer Untersuchung Spekulation. Die

Tatsache, daß sich in der Gruppe I zwei strikt unilateralen Spinalanästhesien entwickelten und in Gruppe II keine kann als Hinweis gewertet werden, daß die Dauer der Seitenlagerung nur einen untergeordneten Wert für die Seitenbetonung einnimmt. Auch systematische Untersuchungen zum Konzentrationsverlauf hyperbarer Lokalanästhetika im lumbalen Liquor [4] und Ergebnisse klinischer Untersuchungen [20, 37] lassen keinen Vorteil durch längere Seitenlagerung erwarten. Zusätzlich sollte bedacht werden, daß eine weitere Verlängerung der Seitenlagerungszeit für den klinische Ablauf hinderlich ist.

Einer der wichtigsten Vorteile, den man sich vom Konzept der Hemi-Spinalanaesthesia im Vergleich zur nicht seitenbetonten Spinalanästhesie verspricht, ist die reduzierte Inzidenz von hämodynamischen Nebenwirkungen. Diese verbesserte kardiozirkulatorische Stabilität wurde in der Literatur mehrfach beschrieben [10, 21, 45, 61]. Eine nahe liegende Erklärung hierfür ist das reduzierte Ausmaß der Blockade sympathischer Efferenzen. Aus der begrenzten Vasodilatation im blockierten Bereich und der Möglichkeit der kompensatorischen Sympathikusaktivierung im nicht blockierten Bereich resultiert die verbesserte hämodynamische Stabilität. Die geringen Unterschiede zwischen den Gruppen I und II in unserer Untersuchung (3 hypotensive Phasen in Gruppe I und nur eine in Gruppe II) müssen nach statistischer Prüfung als zufällig betrachtet werden. Bedenkt man die Tatsache, daß die präganglionären sympathischen Nervenfasern mit ihrer dünnen Myelinisierung schon bei niedrigeren Lokalanästhetikakonzentrationen als die sensorischen Nervenfasern blockiert werden, und so die Ausbreitung der sympathischen Blockade die der sensiblen Blockade übersteigt [26], ist der fehlende kardiozirkulatorische Einfluss bei der von uns beobachteten fehlenden sensiblen Seitenbetonung nicht überraschend. Zwei Untersuchungen konnten allerdings auch bei lediglich unvollständig seitenbetonten Blockaden einen positiven Effekt auf die Hämodynamik nachweisen [37, 60]. Eine mögliche Ursache ist dafür kann die verzögerte Ausbreitung der Blockade durch die initiale Seitenlage sein. So steht den Patienten mehr Zeit zur Aktivierung möglicher kompensatorischer Vorgänge zur Verfügung [7]. Hieraus resultiert ein späteres, und im Ausmaß reduziertes, Auftreten kardiozirkulatorischer Nebenwirkungen. Diese Überlegungen passen zu unseren Beobachtungen mit zumindest tendenziell selteneren hypotensiven Phasen in der Gruppe mit 15minütiger Seitenlagerung. Da sicher auch die kraniale Ausdehnung der Blockade Einfluss auf die Hämodynamik hat [29] sollte auch



bedacht werden dass bei allen Patienten mit Hypotension das sensible Blockadeniveau bei Th 4 oder darüber lag.

Ein weiterer postulierter Vorteil der Hemi-Spinalanaesthesie ist psychologischer Natur. Durch das partiell erhaltene Körpergefühl bei einer seitenbetonten Spinalanästhesie kann eine bessere Akzeptanz der Methode erreicht werden [48]. Obwohl nicht Gegenstand dieser Untersuchung soll hier doch erwähnt werden, daß 5 der beteiligten Patienten, die bereits Erfahrung mit konventionellen Spinalanästhesien gemacht hatten, sich ohne Nachfrage sehr positiv über die motorische Seitenbetonung äußerten. Schon eine geringe Seitenbetonung kann die Ängste der Patienten vor einer Lähmung und das unangenehme Gefühl der Hilflosigkeit durch die Immobilisation verhindern. Auch der theoretische Vorteil, eine ernste Komplikation wie z.B. ein epidurales Hämatom schneller zu erkennen, sollte hierbei bedacht werden.

### 5.3. Schlussfolgerungen

- Eine klinisch relevante Seitenbetonung der sensiblen Blockade konnte unter den Bedingungen unserer Untersuchung nicht erreicht werden.
- Eine Seitenbetonung der motorischen Blockade konnte regelmäßig erzeugt werden.
- Die passagere Ausbildung einer signifikanten Seitenbetonung in Seitenlage in Gruppe II lässt als Ursache für die enttäuschenden Ergebnisse hinsichtlich der Einseitigkeit der Spinalanästhesie einen anhaltenden Überschuss des hyperbaren Lokalanästhetikums im Liquor vermuten.
- Wir konnten keinen Einfluss der Lagerungsdauer auf die Ausdehnung oder die Seitenbetonung der Spinalanästhesie nachweisen.
- Ein Einfluss der Lagerungsdauer auf die Analgesiedauer im Operationsgebiet und auf die Dauer der subjektiven sensiblen Blockade konnte beobachtet werden, ist aber von geringer klinischer Bedeutung.
- Trotz der weitgehend fehlenden sensiblen Seitenbetonung können durch die kontralateral erhaltene Motorik und einem daraus folgenden besseren Körpergefühl, in Verbindung mit geringerer Immobilisation, Ängste der Patienten reduziert werden. Ob daraus eine erhöhte Akzeptanz der Spinalanaesthesie als Methode insgesamt resultieren könnte ist spekulativ, systematische Untersuchungen dazu liegen nicht vor.

## 6. Zusammenfassung

Theoretische Vorteile der seitenbetonten Spinalanaesthesie sind eine bessere hämodynamische Stabilität und eine profundere neuronale Blockade der betroffenen Seite. Ziel der vorliegenden Arbeit war es festzustellen mit welcher Zuverlässigkeit eine Seitenbetonung zu erreichen ist und wie deren Verlauf durch die Dauer der Seitenlagerung beeinflusst wird.

In einer randomisierten, prospektiven Untersuchung erhielten 40 Patienten jeweils 2,0 ml Bupivacain 0,5% hyperbar zur Spinalanästhesie. Die Injektion erfolgte in Seitenlage. Gruppe I (n=20) wurde nach 5 min, Gruppe II (n=20) nach 15 min wieder in Rückenlage gebracht. Der Verlauf der sensiblen und der motorischen Blockadeausbreitung wurde seitengetrennt in einem standardisierten Zeitraster perioperativ erfasst.

Die beiden Gruppen unterschieden sich, bis auf eine geringe Abweichung beim Körpergewicht, nicht in ihren morphometrischen Eigenschaften. 15 min nach Injektion unterschied sich die mittlere sensible Blockadeausbreitung zwischen der zunächst unten und oben liegenden Seite in Gruppe I um 2 Segmente (Th 7 vs. Th 9) und in Gruppe II um 4 Segmente (Th 8 vs. Th 12). Im weiteren Verlauf verschwanden diese Seitenunterschiede zunächst und zeigten sich erst nach deutlicher Rückbildung der sensiblen Blockade wieder. Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen war hinsichtlich der Sensibilität zu keinem Zeitpunkt nachzuweisen. Im Gegensatz zur Sensibilität zeigte sich bei der motorischen Blockade eine deutliche und im Verlauf anhaltende Seitenbetonung zugunsten der zunächst unten liegenden Seite. Dabei war jedoch kein Gruppenunterschied feststellbar. In Gruppe I gaben die Patienten im Mittel 43 min früher Schmerzen im OP-Gebiet an als in Gruppe II (225 min vs. 268 min). In Gruppe I kam es im Mittel 48 min früher zu einer subjektiven Normalisierung der Sensibilität auf der Seite des OP-Gebietes als in Gruppe II (218 min vs. 266 min).

Eine klinisch relevante Seitenbetonung der sensiblen Blockade konnte in unserer Untersuchung nicht erreicht werden. Die weitgehend erhaltene Motorik der nicht operierten Seite kann aber möglicherweise Ängste der Patienten reduzieren (partiell erhaltenes Körpergefühl) und zu einer grösseren Akzeptanz der Methode führen. Die

mögliche Ursache für die fehlende sensible Seitenbetonung sind anhaltend hohe Wirkstoffkonzentrationen im Liquor, die sich nach Umlagerung, der Schwerkraft folgend, auch auf die zuvor oben liegende Seite verteilen. Zur Blockade der motorischen Efferenzen ( $A\alpha$ -Fasern) sind diese Konzentrationen offensichtlich zu gering. Der Einfluss der Lagerungsdauer ist auf die Analgesiedauer und die Dauer bis zur subjektiven Normalisierung der Sensibilität der operierten Seite begrenzt und von geringer klinischer Relevanz. Die Dauer der Seitenlagerung spielt nach den vorliegenden Ergebnissen somit nur eine untergeordnete Rolle für das Erreichen einer Seitenbetonung.

## Summary

Theoretical advantages of unilateral spinal anaesthesia are a reduced incidence of hemodynamic changes and a better and pronounced sensomotoric block of the affected side. The present investigation was designed to 1) evaluate the reliability of a restriction of the spinal block to one side and to 2) what extend the duration of lateral decubitus does influence the characteristics of the spinal anaesthesia.

In a prospective, randomised study 40 patients received 2 ml of 0.5% hyperbaric bupivacaine intrathecally. The injection occurred in lateral position. Group I (n=20) was returned into the supine position after 5 minutes. Group II (n=20) was returned into the supine position after 15 minutes. The spread of sensory and motor block were assessed separately in a predetermined pattern of time.

Both groups were identically regarding their morphometric parameters except a small variance concerning the weight. 15 minutes after the injection the mean difference of the sensory block level between the initially dependent and non dependent side reached two segments (T7 vs. T9) in group I and four segments (T8 vs. T12) in group II. During the subsequent progress those bilateral differences disappeared, reappearing after clear regression of the sensory block. Statistically significant differences between both groups regarding the sensory block level could not be detected at any time. In contrast to the sensory block the motor block showed a considerable and lasting accentuation to the former dependent side. However, no difference between both groups regarding the motor block could be detected either. Patients belonging to group I complained about pain in the surgical area at an average of 43 minutes prior then patients belonging to group II (225 min vs. 268 min). Patients belonging to group I also reported 48 minutes prior a complete regression of the subjective sensory block than patients belonging to group II (218 min vs. 266 min).

Under the conditions of our investigation no inter-lateral difference in sensory block with clinical relevance could be obtained. But patient's potential fears could be reduced because of the largely conserved motor function. Maybe this can lead to a better acceptance of the anaesthetic method itself. The most likely reason for the lack of inter-lateral differences in sensory block is the lasting high concentration of the local

anaesthetic in cerebrospinal fluid which, after turning the patient supine, will transit to the previously non-dependent side. Obviously the resulting concentration of local anaesthetic is not sufficient to block the motor pathway ( $A\alpha$ ). The influence of the duration of the lateral horizontal position is restricted to the period of analgesia and the time of complete regression of the subjective sensory block on the operated side. Regarding the instant results, the duration of the lateral decubitus seems to be secondarily to achieve a unilateral spinal anaesthesia.

## 7. Literatur

1. Aromaa U, Lahdensuu M, Cozanitis DA. Severe complications associated with epidural and spinal anaesthesias in Finland 1987-1993. A study based on patient insurance claims. *Acta Anaesthesiol Scand (Denmark)*, 1997; 41(4): 445-452
2. Axelsson K, Mollefors K, Olsson JO, Lingardh G, Widman B. Bladder function in spinal anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand (Denmark)*, 1985; 29(3): 315-321
3. Bengtsson M, Malmqvist LA, Edstrom HH. Spinal analgesia with glucose-free bupivacaine--effects of volume and concentration. *Acta Anaesthesiol Scand (Denmark)*, 1984; 28(5): 583-586
4. Biscoping J. Einfluss der Glucosekonzentration von Bupivacainlösungen auf die Lokalanästhetikaverteilung im Liquor bei Spinalanästhesie. *Reg Anaesth (Germany)*, 1986; 9(1): 9-14
5. Biscoping J. Spinalanästhesie mit Bupivacain. *Anaesthesist (Germany)*, 2004; 53(7): 656
6. Borghi B, Stagni F, Bugamelli S, Paini MB, Nepoti ML, Montebugnoli M, Casati A. Unilateral spinal block for outpatient knee arthroscopy: a dose-finding study. *J Clin Anesth (United States)*, 2003; 15(5): 351-356
7. Bridenbaugh PO, Greene NM. Spinal neural blockade. In: Cousins MJ, Bridenbaugh PO (Hrsg). *Neural Blockade in Clinical Anesthesia and Management of Pain*. Lippincott Company, Philadelphia 1988.
8. Broadbent CR, Maxwell WB, Ferrie R, Wilson DJ, Gawne-Cain M, Russell R. Ability of anaesthetists to identify a marked lumbar interspace. *Anaesthesia (England)*, 2000; 55(11): 1122-1126

9. Carpenter RL, Hogan QH, Liu SS, Crane B, Moore J. Lumbosacral cerebrospinal fluid volume is the primary determinant of sensory block extent and duration during spinal anesthesia. *Anesthesiology (United States)*, 1998; 89(1): 24-29
10. Casati A, Fanelli G, Aldegheri G, Colnaghi E, Casaletti E, Cedrati V, Torri G. Frequency of hypotension during conventional or asymmetric hyperbaric spinal block. *Reg Anesth Pain Med (United States)*, 1999; 24(3): 214-219
11. Casati A, Fanelli G, Berti M, Beccaria P, Agostoni M, Aldegheri G, Torri G. Cardiac performance during unilateral lumbar spinal block after crystalloid preload. *Can J Anaesth*, 1997; 44(6): 623-628
12. Casati A, Fanelli G, Cappelleri G, Aldegheri G, Berti M, Senatore R, Torri G. Effects of speed of intrathecal injection on unilateral spinal block by 1% hyperbaric bupivacaine. A randomized, double-blind study. *Minerva Anesthesiol (Italy)*, 1999; 65(1-2): 5-10
13. Casati A, Fanelli G, Cappelleri G, Borghi B, Cedrati V, Torri G. Low dose hyperbaric bupivacaine for unilateral spinal anaesthesia. *Can J Anaesth*, 1998; 45(9): 850-854
14. Casati A, Fanelli G, Cappelleri G, Leoni A, Berti M, Aldegheri G, Torri G. Does speed of intrathecal injection affect the distribution of 0.5% hyperbaric bupivacaine? *Br J Anaesth (England)*, 1998; 81(3): 355-357
15. De Simone CA, Leighton BL, Norris MC. Spinal anesthesia for cesarean delivery. A comparison of two doses of hyperbaric bupivacaine. *Reg Anesth (United States)*, 1995; 20(2): 90-94
16. Dennhardt R, Konder H. Blut- und Liquorspiegel von Bupivacain bei Spinalanaesthesien. *Reg Anaesth (Germany)*, 1983; 6(4): 72-75
17. Eberhart LH, Morin AM, Kranke P, Geldner G, Wulf H. Transiente neurologische Symptome nach Spinalanästhesie. Eine quantitative systematische Übersicht



- (Metaanalyse) randomisierter kontrollierter Studien. *Anaesthesist (Germany)*, 2002; 51(7): 539-546
18. Enk D, Enk E. Eine modifizierte Injektionstechnik für die hyperbare Spinalanästhesie. *Anaesthesist (Germany)*, 1995; 44 (Suppl 1): 110
19. Enk D, Prien T, Van Aken H, Mertes N, Meyer J, Brussel T. Success rate of unilateral spinal anesthesia is dependent on injection flow. *Reg Anesth Pain Med (United States)*, 2001; 26(5):420-427
20. Esmaoglu A, Boyaci A, Ersoy O, Guler G, Talo R, Tercan E. Unilateral spinal anaesthesia with hyperbaric bupivacaine. *Acta Anaesthesiol Scand (Denmark)*, 1998; 42(9): 1083-1087
21. Fanelli G, Borghi B, Casati A, Bertini L, Montebugnoli M, Torri G. Unilateral bupivacaine spinal anesthesia for outpatient knee arthroscopy. Italian Study Group on Unilateral Spinal Anesthesia. *Can J Anaesth*, 2000; 47(8): 746-751
22. Fanelli G, Casati A, Aldegheri G, Beccaria P, Berti M, Leoni A, Torri G. Cardiovascular effects of two different regional anaesthetic techniques for unilateral leg surgery. *Acta Anaesthesiol Scand*, 1998; 42(1): 80-84
23. Frank A, Schuster M, Biscopig J. Der Einfluss der Lagerungsdauer auf die Qualität der Hemi-Spinalanästhesie. *Anästhesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther (Germany)*, 2002; 37(11): 659-664
24. Gentili ME. Rachianesthésie unilatérale avec l'association bupivacaine hyperbare et clonidine. *Cah Anesthesiol (France)*, 1993; 41(3): 291
25. Ginosar Y, Mirikatani E, Drover DR, Cohen SE, Riley ET. ED50 and ED95 of intrathecal hyperbaric bupivacaine coadministered with opioids for cesarean delivery. *Anesthesiology (United States)*, 2004; 100(3): 676-682

26. Greene NM. Area of differential block in spinal anesthesia with hyperbaric tetracaine. *Anesthesiology* (United States), 1958; 19(1): 45-50
27. Greene NM. Distribution of local anesthetic solutions within the subarachnoid space. *Anesth Analg* (United States), 1985; 64(7): 715-730
28. Greene NM. The physiologie of spinal anesthesia. Williams and Wilkins, Baltimore S. 126
29. Hartmann B, Junger A, Klasen J, Benson M, Jost A, Banzhaf A, Hempelmann G. The incidence and risk factors for hypotension after spinal anesthesia induction: an analysis with automated data collection. *Anesth Analg* (United States), 2002; 94(6): 1521-1529
30. Hartwell BL, Aglio LS, Hauch MA, Datta S. Vertebral column length and spread of hyperbaric subarachnoid bupivacaine in the term parturient. *Reg Anesth* (United States), 1991; 16(1): 17-19
31. Iselin-Chaves IA, Van Gessel EF, Donald FA, Forster A, Gamulin Z. The effects of solution concentration and epinephrine on lateral distribution of hyperbaric tetracaine spinal anesthesia. *Anesth Analg*, 1996; 83(4): 755-759
32. Kaya M, Oguz S, Aslan K, Kadiogullari N. A low-dose bupivacaine: a comparison of hyperbaric and hypobaric solutions for unilateral spinal anesthesia. *Reg Anesth Pain Med* (United States), 2004; 29(1): 17-22
33. Keld DB, Hein L, Dalgaard M, Krogh L, Rodt SA. The incidence of transient neurologic symptoms (TNS) after spinal anaesthesia in patients undergoing surgery in the supine position. Hyperbaric lidocaine 5% versus hyperbaric bupivacaine 0.5%. *Acta Anaesthesiol Scand* (Denmark), 2000, 44(3): 285-290
34. Killian H. Subdurale Anästhesiemethoden. In: Killian H (Hrsg). *Lokalanästhesie und Lokalanästhetika*. Thieme, Stuttgart 1973; S. 293 – 391

35. Kim KC, Moneta MD. Unilateral spinal anesthesia can be obtained with low dose bupivacaine. *Anesthesiology (United States)*, 1992; 77 (Suppl 3): 803
36. Kuusniemi KS, Pihlajamäki KK, Pitkanen MT. A low dose of plain or hyperbaric bupivacaine for unilateral spinal anesthesia. *Reg Anesth Pain Med (United States)*, 2000; 25(6): 605-610
37. Kuusniemi KS, Pihlajamäki KK, Pitkanen MT, Korkeila JE. A low-dose hypobaric bupivacaine spinal anesthesia for knee arthroscopies. *Reg Anesth (United States)*, 1997; 22(6): 534-538
38. Lanz E, Grab BM. Miktionsstörungen nach Spinalanästhesie unterschiedlicher Wirkungsdauer (Lidocain 2% versus Bupivacain 0.5%). *Anaesthesist (Germany)*, 1992; 41(4): 231-234
39. Lanz E, Schmitz D. Kein Einfluss des Injektionsvolumens auf die sensible und motorische Blockade der isobaren Spinalanästhesie. *Reg Anaesth (Germany)*, 1990; 13(7): 153-158
40. Larsen R. Spinalanästhesie. In: Larsen R (Hrsg). *Anästhesie*. Urban & Fischer München Jena 8. Auflage 2002; S. 505 – 538
41. Lotz SFN, Crosnag M, Katayama M. Hyperbaric 0,5% bupivacaine in spinal block: influence of the lateral decubitus time on cephalad anesthetic spread. *Reg Anesth*, 1993; 181: 29
42. Lui AC, Polis TZ, Cicuttini NJ. Densities of cerebrospinal fluid and spinal anaesthetic solutions in surgical patients at body temperature. *Can J Anaesth (Canada)*, 1998; 45(4): 297-303
43. Lybecker H, Moller JT, May O, Nielsen HK. Incidence and prediction of postdural puncture headache. A prospective study of 1021 spinal anesthetics. *Anesth Analg (United States)*, 1990; 70(4): 389-394

44. Martin-Salvaj G, Van Gessel E, Forster A, Schweizer A, Iselin-Chaves I, Gamulin Z. Influence of duration of lateral decubitus on the spread of hyperbaric tetracaine during spinal anesthesia: a prospective time-response study. *Anesth Analg (United States)*, 1994; 79(6): 1107-1112
45. Meyer J, Enk D, Penner M. Unilateral spinal anesthesia using low-flow injection through a 29-gauge Quincke needle. *Anesth Analg (United States)*, 1996; 82(6): 1188-1191
46. Meyer J, Nolte H. Liquorkonzentration von Bupivacain nach subduraler Applikation. *Anaesthesist (Germany)*, 1978; 27(5): 38-40
47. Milligan KR. Recent advances in local anaesthetics for spinal anaesthesia. *Eur J Anaesthesiol (England)*, 2004; 21(11): 837-847
48. Möllmann M, Lanz E. Spinalanästhesie. In: Niesel HC, van Aken HK (Hrsg). *Regionalanästhesie – Lokalanästhesie – Regionale Schmerztherapie*. Thieme, Stuttgart 2002; S.161 – 195
49. Moen V, Dahlgren N, Irestedt L. Severe neurological complications after central neuraxial blockades in Sweden 1990-1999. *Anesthesiology (United States)*, 2004; 101(4): 950-959
50. Norris MC. Patient variables and the subarachnoid spread of hyperbaric bupivacaine in the term parturient. *Anesthesiology (United States)*, 1990; 72(3): 478-482
51. Pawlowski J, Sukhani R, Pappas AL, Kim KM, Lurie J, Gunnerson H, Corsino A, Frey K, Tonino P. The anesthetic and recovery profile of two doses (60 and 80 mg) of plain mepivacaine for ambulatory spinal anesthesia. *Anesth Analg (United States)*, 2000; 91(3): 580-584
52. Pitkanen MT. Body mass and spread of spinal anesthesia with bupivacaine. *Anesth Analg (United States)*, 1987; 66(2): 127-131

53. Pittoni G, Toffoletto F, Calcarella G, Zanette G, Giron GP. Spinal anesthesia in outpatient knee surgery: 22-gauge versus 25-gauge Sprotte needle. *Anesth Analg* (United States), 1995; 81(1): 73-79
54. Pollard JB. Common mechanisms and strategies for prevention and treatment of cardiac arrest during epidural anesthesia. *J Clin Anesth* (United States), 2002; 14(1): 52-56
55. Povey HM, Jacobsen J, Westergaard-Nielsen J. Subarachnoid analgesia with hyperbaric 0.5% bupivacaine: effect of a 60-min period of sitting. *Acta Anaesthesiol Scand* (Denmark), 1989; 33(4): 295-297
56. Racle JP, Benkhadra A, Poy JY, Gleizal B. Spinal analgesia with hyperbaric bupivacaine: influence of age. *Br J Anaesth* (England), 1988; 60(5): 508-514
57. Serpell MG, Gray WM. Flow dynamics through spinal needles. *Anaesthesia* (England), 1997; 52(3): 229-236
58. Stienstra R, Van Poorten F. Speed of injection does not affect subarachnoid distribution of plain bupivacaine 0.5%. *Reg Anesth* (United States), 1990; 15(4): 208-210
59. Stienstra R, van Poorten F, Kroon JW. Needle direction affects the sensory level of spinal anesthesia. *Anesth Analg* (United States), 1989; 68(4): 497-500
60. Sumi M, Sakura S, Koshizaki M, Saito Y, Kosaka Y. The advantages of the lateral decubitus position after spinal anesthesia with hyperbaric tetracaine. *Anesth Analg* (United States), 1998; 87(4): 879-884
61. Tanasichuk MA, Schultz EA, Matthews JH, Van Bergen FH. Spinal hemianalgesia: an evaluation of a method, its applicability, and influence on the incidence of hypotension. *Anesthesiology* (United States), 1961; 22:74-85

62. Tuominen M, Taivainen T, Rosenberg PH. Spread of spinal anaesthesia with plain 0.5% bupivacaine: influence of the vertebral interspace used for injection. *Br J Anaesth* (England), 1989; 62(4): 358-361
63. Urmeý WF, Stanton J, Bassin P, Sharrock NE. The direction of the Whitacre needle aperture affects the extent and duration of isobaric spinal anesthesia. *Anesth Analg* (United States), 1997; 84(2): 337-341
64. Valanne JV, Korhonen AM, Jokela RM, Ravaska P, Korttila KK. Selective spinal anesthesia: a comparison of hyperbaric bupivacaine 4 mg versus 6 mg for outpatient knee arthroscopy. *Anesth Analg* (United States), 2001; 93(6): 1377-1379
65. Veering BT, Ter Riet PM, Burm AG, Stienstra R, Van Kleef JW. Spinal anaesthesia with 0.5% hyperbaric bupivacaine in elderly patients: effect of site of injection on spread of analgesia. *Br J Anaesth* (England), 1996; 77(3): 343-346
66. Vicent O, Litz RJ, Hubler M, Koch T. Hohe sekundäre Ausbreitung einer Spinalanästhesie mit isobarem 0,5%igem Bupivacain nach spätem Lagewechsel. *Anaesthesist* (Germany), 2003; 52(11): 1035-1038

## 8. Anhang

### 8.1. Studienprotokoll

#### Seitenbetonte Spinalanästhesie: 5 min Seitenlage versus 15 min Seitenlage

Name (Etikett): \_\_\_\_\_

Station/Zimmer: \_\_\_\_\_

Größe (cm): \_\_\_\_\_

Gewicht (kg): \_\_\_\_\_

OP-Datum: \_\_\_\_\_

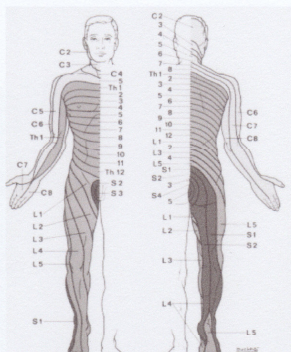
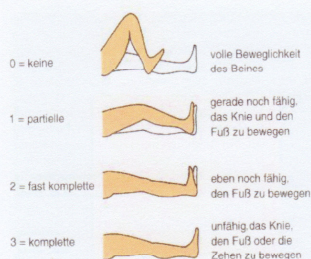
Randomisierung: ☐ 5 min☐ 15 minEingriff: ☐ re☐ li
Punktionshöhe: 

→ SpA in Seitenlage 2 ml (= 10 mg) Bupivacain 0,5% hyperbar.

→ Keine Barbotage, Injektionsdauer: ~ 10 sec

→ Angestrebtes Analgesieniveau: ~ Th 10  
(ggf. Lagerungsmaßnahmen) innerhalb 5 bzw. 15 min.Punktionszeitpunkt: 

	re	li
1.) <u>15 min</u> (nach Injektion):	Motorik:	
	Sensibilität:	
2.) <u>30 min</u> (nach Injektion):	Motorik:	
	Sensibilität:	
3.) <u>OP – Ende</u> :	Motorik:	
Zeit: <input type="text"/>	Sensibilität:	
4.) <u>180 min</u> (nach Injektion):	Motorik:	
	Sensibilität:	
5.) <u>300 min</u> (nach Injektion):	Motorik:	
	Sensibilität:	

IntraOP: ☐ Vasoaktiva

Anästhesist: \_\_\_\_\_

min	RR	P
prae		
5		
10		
15		
20		
25		
30		
35		
40		
45		
50		
55		
60		
65		
70		
75		
80		
85		
90		
105		
120		



## 8.2. postoperativer Fragebogen

### ST. VINCENTIUS-KLINIKEN KARLSRUHE

#### Akademisches Lehrkrankenhaus

Klinik für Anästhesie und Operative Intensivmedizin, Direktor: Prof. Dr. med. J. Biscopig  
Steinhäuserstraße 18, 76135 Karlsruhe  
Tel.: 0721/8108-2119 Fax.: 0721/8108-2103



#### *Sehr verehrte Patientin, sehr geehrter Patient !*

Um eine optimale Versorgung unserer Patienten bezüglich der in diesem Haus praktizierten Narkoseverfahren / Regionalanästhesieverfahren zu gewährleisten, ist es notwendig, diese Methoden stetigen Prüfungen zu unterziehen. Dazu sind wir auf Ihre Mithilfe angewiesen.

Sie haben sich für die geplante Operation für eine Spinalanästhesie („Rücken-Anästhesie“) entschieden. Zur Überprüfung dieses Anästhesieverfahrens bitten wir Sie, uns folgende Fragen zu beantworten:

#### *1.) Wann traten die ersten Schmerzen nach der Operation im Wund-Gebiet auf (Uhrzeit)?*

→ Die ersten Schmerzen traten um .....Uhr auf.

#### *2.) Ab wann konnten Sie die Zehen wieder bewegen [re/li] (Uhrzeit) ?*

→ Ich konnte die rechten Zehen um ..... Uhr wieder bewegen.

→ Ich konnte die linken Zehen um ..... Uhr wieder bewegen.

#### *3.) Wann war das Gefühl wieder vollständig normal [re/li] (Uhrzeit) ?*

→ Das Gefühl im rechten Bein war um .....Uhr wieder völlig normal.

→ Das Gefühl im linken Bein war um .....Uhr wieder völlig normal.

Wir werden diesen Fragebogen bei Ihnen wieder abholen.

Ein herzliches Dankeschön für Ihre Mithilfe und eine baldige Genesung wünscht Ihnen

das Team der Klinik für Anästhesie und Operative Intensivmedizin  
der St. Vincentius-Kliniken Karlsruhe

Patient (Etikett)



### 8.3. Daten mit statistischer Auswertung

Patient	Geschlecht	Gewicht	Grösse	Seite	OP-Dauer
<b>5 min</b>					
1	m	83	188	li	104
2	f	67	169	li	60
3	m	107	190	re	56
4	m	95	187	li	110
5	f	68	168	re	115
6	m	94	178	re	140
7	m	78	178	li	115
8	f	72	180	li	107
9	f	53	160	re	75
10	f	69	167	li	78
11	m	80	187	li	63
12	f	82	168	re	67
13	m	80	177	re	68
14	m	73	175	li	80
15	m	90	184	re	50
16	m	106	178	re	75
17	m	72	176	li	90
18	f	69	169	re	76
19	m	75	165	re	55
20	m	105	173	li	100

<b>15 min</b>					
21	f	83	188	re	62
22	m	68	171	re	98
23	m	86	176	li	85
24	m	70	168	li	85
25	f	75	174	re	150
26	f	62	171	li	86
27	m	89	187	li	92
28	m	68	170	re	62
29	f	71	166	re	97
30	f	56	166	re	119
31	m	85	172	re	121
32	m	75	170	re	118
33	f	61	163	li	59
34	m	73	172	li	72
35	m	55	160	re	95
36	f	65	165	re	75
37	m	71	187	re	83
38	m	89	182	li	66
39	m	77	180	li	107
40	f	63	165	re	70

<b>5 min:</b>					
Anzahl:		20	20		20
Minimum:		53	160		50
Maximum:		107	190		140
Mittelwert:		80,75	175,85		84,20
Median:		79	176,5		77
Standardabweichung		14,72	8,49		24,68
Varianz:		216,72	72,03		609,22
Summe:		1615	3517		1684
$\chi^2$ -Anpassungstest:		4,3085	1,0790		2,0394
Signifikanz $\alpha$ :		0,05	0,05		0,05
Freiheitsgrad:		3	2		4
Quantil $\chi^2_{1-\alpha}$ :		7,81	5,99		9,49
Normalverteilung:		ja	ja		ja

<b>15 min:</b>					
Anzahl:		20	20		20
Minimum:		55	160		59
Maximum:		89	187		150
Mittelwert:		71,15	171,65		90,10
Median:		70,5	170,5		85,5
Standardabweichung		10,19	7,50		23,83
Varianz:		103,92	56,24		567,67
Summe:		1423	3433		1802
$\chi^2$ -Anpassungstest:		1,4705	1,1719		2,3454
Signifikanz $\alpha$ :		0,05	0,05		0,05
Freiheitsgrad:		3	2		4
Quantil $\chi^2_{1-\alpha}$ :		7,81	5,99		9,49
Normalverteilung:		ja	ja		ja

<b>Vergleich der Varianzen:</b>					
Zwei-Stichproben-F-Test:		2,0854	1,2808		1,0732
Signifikanz $\alpha$ :		0,05	0,05		0,05
Freiheitsgrad $f_1$ :		19	19		19
Freiheitsgrad $f_2$ :		19	19		19
Quantil $F_{\alpha, f_1, 1-\alpha/2}$ :		2,53	2,53		2,53
gleiche Varianzen:		ja	ja		ja

<b>Vergleich der Gruppen:</b>					
$\chi^2$ -Test für Vierfeldertafeln:	0,1067			0,4040	
Signifikanz $\alpha$ :	0,05			0,05	
Freiheitsgrad:	1			1	
Quantil $\chi^2_{1-\alpha}$ :	3,84			3,84	
gleiche Grundwahrscheinlichkeiten:	ja			ja	

Zwei-Stichproben-T-Test:		2,3976	1,6585		-0,7691
Signifikanz $\alpha$ :		0,05	0,05		0,05
Freiheitsgrad:		38	38		38
Quantil $t_{1-\alpha/2}$ :		2,02	2,02		2,02
gleiche Erwartungswerte:		nein	ja		ja

U-Test:					
Signifikanz $\alpha$ :					
Quantil $u_{1-\alpha/2}$ :					
gleiche Verteilungsfunktionen:					



Patient	Sens. OP 15	Sens. contra 15	Sens. OP 30	Sens. contra 30	Sens. OP E	Sens. contra E	Sens. OP 180	Sens. contra 180	Sens. OP 300	Sens. contra 300
5 min										
1	16	17	18	19	17	17	8	4	0	0
2	15	15	17	17	16	14	4	0	0	0
3	11	15	16	17	12	15	6	0	0	0
4	11	9	11	9	10	5	4	0	0	0
5	14	13	17	16	11	11	5	0	0	0
6	17	17	18	18	10	10	5	0	0	0
7	18	18	22	22	13	11	4	0	0	0
8	17	17	24	24	17	17	9	4	0	0
9	9	12	10	7	8	4	5	0	0	0
10	17	17	18	18	17	13	8	0	0	0
11	13	14	15	15	17	17	7	4	0	0
12	17	5	17	18	16	15	0	0	0	0
13	16	11	17	19	12	12	4	0	0	0
14	18	11	13	13	11	13	9	4	0	0
15	11	8	14	14	17	17	5	6	0	0
16	8	0	8	0	8	0	7	0	0	0
17	17	16	17	17	15	15	9	4	0	0
18	17	18	18	18	17	17	5	0	0	0
19	7	0	8	0	0	0	0	0	0	0
20	17	15	17	17	11	9	5	0	0	0

15 min										
21	10	6	11	12	11	16	4	6	0	0
22	12	11	19	19	12	11	5	0	0	0
23	11	11	16	16	14	15	9	4	0	0
24	17	15	17	16	16	16	8	0	0	0
25	15	17	18	18	15	15	14	14	0	0
26	18	16	23	23	16	16	0	0	0	0
27	17	13	18	18	16	16	6	0	0	0
28	15	11	18	18	17	17	9	7	0	0
29	11	13	18	18	18	18	7	0	0	0
30	12	12	14	14	9	10	7	4	0	0
31	10	0	11	10	7	7	4	0	0	0
32	11	0	12	9	13	13	9	0	0	0
33	15	14	14	14	14	14	6	0	0	0
34	14	10	15	13	14	14	9	7	0	0
35	11	6	13	13	11	11	4	0	0	0
36	15	13	15	15	15	15	8	0	0	0
37	13	11	17	17	12	10	0	0	0	0
38	10	0	11	9	11	11	8	6	0	0
39	7	0	7	5	7	4	5	0	0	0
40	10	0	11	9	12	10	0	0	0	0

5 min:										
Anzahl:	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Minimum:	7	0	8	0	0	0	0	0	0	0
Maximum:	18	18	24	24	17	17	9	8	0	0
Mittelwert:	14,30	12,25	15,80	14,80	12,75	11,60	5,45	1,30	0,00	0,00
Median:	16	14,5	17	17	12,5	13	5	0	0	0
Standardabweichung	3,56	5,58	4,16	6,31	4,40	5,48	2,56	2,08	0,00	0,00
Varianz:	12,64	31,14	17,33	39,85	19,36	30,04	6,58	4,33	0,00	0,00
Summe:	286	245	316	296	255	232	109	26	0	0
Chi-Quadrat-Test:	7,4778	4,7885	7,2318	12,5409	4,8324	6,4900	0,1808	#DIV/0!	#ZAHLE!	#ZAHLE!
Signifikanz $\alpha$ :	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Freiheitsgrad:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Quantil $\chi^2_{1-\alpha}$ :	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81
Normalverteilung:	ja	ja	ja	nein	ja	ja	ja	nein	nein	nein

15 min:										
Anzahl:	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Minimum:	7	0	7	5	7	4	0	0	0	0
Maximum:	18	17	23	23	18	18	14	14	7	0
Mittelwert:	12,70	8,65	14,90	14,30	13,00	12,90	6,10	2,40	0,35	0,00
Median:	12	11	15	14,5	13,5	14	6,5	0	0	0
Standardabweichung	2,92	6,24	3,75	4,38	3,09	3,57	3,52	3,88	1,57	0,00
Varianz:	8,54	38,98	14,09	19,17	9,58	12,73	12,41	14,88	2,45	0,00
Summe:	254	173	298	288	260	258	122	48	7	0
Chi-Quadrat-Test:	2,7020	8,9398	1,5522	0,7518	1,9390	7,9091	0,8410	14,2893	#DIV/0!	#ZAHLE!
Signifikanz $\alpha$ :	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Freiheitsgrad:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Quantil $\chi^2_{1-\alpha}$ :	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81
Normalverteilung:	ja	nein	ja	ja	ja	nein	ja	nein	nein	nein

Vergleich der Varianzen:										
Zwei-Stichproben-F-Test:	1,4809		1,2293		2,0206		0,5299			
Signifikanz $\alpha$ :	0,05		0,05		0,05		0,05			
Freiheitsgrad $f_1$ :	19		19		19		19			
Freiheitsgrad $f_2$ :	19		19		19		19			
Quantil $F_{1-\alpha/2}$ :	2,53		2,53		2,53		2,53			
gleiche Varianzen:	ja		ja		ja		ja			

Vergleich der Gruppen:										
Chi-Quadrat-Test für Vierfeldertafeln:										
Signifikanz $\alpha$ :										
Freiheitsgrad:										
Quantil $\chi^2_{1-\alpha}$ :										
gleiche Grundwahrscheinlichkeiten:										

Zwei-Stichproben-T-Test:	1,5548		0,7180		-0,2078		-0,6671			
Signifikanz $\alpha$ :	0,05		0,05		0,05		0,05			
Freiheitsgrad:	36		36		36		36			
Quantil $t_{1-\alpha/2}$ :	2,02		2,02		2,02		2,02			
gleiche Erwartungswerte:	ja		ja		ja		ja			

U-Test:		127,00		165,00		168,50		177,00	169,00	200,00
Signifikanz $\alpha$ :		0,05		0,05		0,05		0,05	0,05	0,05
Quantil $U_{1-\alpha/2}$ :		127		127		127		127	127	127
gleiche Verteilungsfunktionen:		ja		ja		ja		ja	ja	ja

Vergleich der Seiten:										
Wilcoxon-Test für Gruppe 5 min:	42,0		30,0		29,5		3,0		0,0	
Signifikanz $\alpha$ :	0,05		0,05		0,05		0,05		0,05	
$n^*$ :	14		7		10		18		0	
Quantil $r_{1-\alpha/2}$ :	21		2		8		40		0	
gleiche Verteilungsfunktionen:	ja		ja		ja		nein		ja	

Wilcoxon-Test für Gruppe 15 min:	15,0		14,0		50,0		6,5		0,0	
Signifikanz $\alpha$ :	0,05		0,05		0,05		0,05		0,05	
$n^*$ :	18		8		7		16		1	
Quantil $r_{1-\alpha/2}$ :	40		3		2		29		0	
gleiche Verteilungsfunktionen:	nein		ja		ja		nein		ja	

Zur einfacheren Handhabung wurden die spinalen Segmente fortlaufenden Nummern zugeteilt:

S	S	S	L	L	L	L	L	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	C	C	C	C	C
3	2	1	5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25



Patient	Motorik OP 15	Motorik contra 15	Motorik OP 30	Motorik contra 30	Motorik OP E	Motorik contra E	Motorik OP 180	Motorik contra 180	Motorik OP 300	Motorik contra 300
5 min										
1	3	0	3	1	3	0	1	0	0	0
2	3	2	3	2	3	1	0	0	0	0
3	3	0	3	1	3	2	0	0	0	0
4	3	0	3	0	3	1	1	0	0	0
5	3	1	3	2	3	0	0	0	0	0
6	3	2	3	3	3	0	2	0	0	0
7	3	1	3	1	3	0	0	0	0	0
8	3	2	3	2	2	0	0	0	0	0
9	2	0	3	0	1	0	0	0	0	0
10	2	0	3	0	3	0	1	0	0	0
11	3	1	3	1	3	3	1	0	0	0
12	3	0	3	0	3	0	0	0	0	0
13	3	1	3	2	3	0	2	0	0	0
14	3	0	3	0	3	0	0	0	0	0
15	3	0	3	0	3	0	0	0	0	0
16	3	0	3	0	3	0	1	0	0	0
17	3	1	3	2	3	3	2	0	0	0
18	3	0	3	0	0	0	0	0	0	0
19	2	0	3	0	0	0	0	0	0	0
20	3	0	3	0	3	0	1	0	0	0
15 min										
21	3	0	3	0	3	1	1	0	0	0
22	3	1	3	2	3	1	1	0	0	0
23	3	0	3	0	3	0	2	0	0	0
24	3	0	3	1	3	2	0	0	0	0
25	3	0	3	1	1	0	0	0	0	0
26	3	0	3	2	3	0	0	0	0	0
27	3	0	3	0	3	0	0	0	0	0
28	3	0	3	1	3	0	1	0	0	0
29	3	2	3	2	3	1	0	0	0	0
30	3	0	3	0	2	0	1	0	0	0
31	3	0	3	0	3	0	0	0	0	0
32	3	0	3	1	3	1	2	0	0	0
33	3	1	3	2	3	1	0	0	0	0
34	3	0	3	0	3	0	3	0	0	0
35	3	0	3	1	3	1	1	0	0	0
36	3	0	3	0	3	0	0	0	0	0
37	3	0	3	0	3	0	0	0	0	0
38	3	0	3	1	3	2	2	0	0	0
39	2	0	2	0	2	0	1	0	0	0
40	3	0	3	0	3	0	0	0	0	0
5 min:										
Anzahl:	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Minimum:	2	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Maximum:	3	2	3	3	3	3	2	0	0	0
Mittelwert:	2,85	0,55	2,95	0,90	2,70	0,50	0,65	0,00	0,00	0,00
Median:	3	0	3	1	3	0	0,5	0	0	0
Standardabweichung	0,37	0,76	0,22	0,97	0,80	1,00	0,75	0,00	0,00	0,00
Varianz:	0,13	0,58	0,05	0,94	0,64	1,00	0,56	0,00	0,00	0,00
Summe:	57	11	59	18	54	10	13	0	0	0
$\chi^2$ -Anpassungstest:	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#ZÄHL!	#ZÄHL!	#ZÄHL!
Signifikanz $\alpha$ :	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Freiheitsgrad:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Quantil $\chi^2_{1-\alpha}$ :	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81
Normalverteilung:	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
15 min:										
Anzahl:	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Minimum:	2	0	2	0	1	0	0	0	0	0
Maximum:	3	2	3	2	3	2	3	0	3	0
Mittelwert:	2,95	0,20	2,95	0,70	2,80	0,50	0,85	0,00	0,15	0,00
Median:	3	0	3	0,5	3	0	1	0	0	0
Standardabweichung	0,22	0,52	0,22	0,80	0,52	0,69	0,88	0,00	0,67	0,00
Varianz:	0,05	0,27	0,05	0,64	0,27	0,47	0,77	0,00	0,45	0,00
Summe:	59	4	59	14	56	10	17	0	3	0
$\chi^2$ -Anpassungstest:	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#DIV/0!	#ZÄHL!	#ZÄHL!	#ZÄHL!
Signifikanz $\alpha$ :	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Freiheitsgrad:	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Quantil $\chi^2_{1-\alpha}$ :	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81	7,81
Normalverteilung:	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Vergleich der Varianzen:										
Zwei-Stichproben-F-Test:										
Signifikanz $\alpha$ :										
Freiheitsgrad $f_1$ :										
Freiheitsgrad $f_2$ :										
Quantil $F_{1-\alpha, f_1, f_2}$ :										
gleiche Varianzen:										
Vergleich der Gruppen:										
$\chi^2$ -Test für Vierfeldertafeln:										
Signifikanz $\alpha$ :										
Freiheitsgrad:										
Quantil $\chi^2_{1-\alpha}$ :										
gleiche Grundwahrscheinlichkeiten										
Zwei-Stichproben-T-Test:										
Signifikanz $\alpha$ :										
Freiheitsgrad:										
Quantil $t_{1-\alpha/2}$ :										
gleiche Erwartungswerte:										
U-Test:										
Signifikanz $\alpha$ :	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Quantil $U_{1-\alpha/2}$ :	127	127	127	127	127	127	127	127	127	127
gleiche Verteilungsfunktionen	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja	ja
Vergleich der Seiten:										
Wilcoxon-Test für Gruppe 5 min:										
Signifikanz $\alpha$ :	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$n^*$ :	20	19	17	10	0	0	0	0	0	0
Quantil $z^*_{1-\alpha/2}$ :	52	46	34	8	0	0	0	0	0	0
gleiche Verteilungsfunktionen	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein
Wilcoxon-Test für Gruppe 15 min:										
Signifikanz $\alpha$ :	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$n^*$ :	20	20	20	12	1	0	0	0	0	0
Quantil $z^*_{1-\alpha/2}$ :	52	52	52	13	0	0	0	0	0	0
gleiche Verteilungsfunktionen	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein	nein

Zur einfacheren Handhabung wurden die spinalen Segmente fortlaufenden Nummern  
zugeteilt:

S	S	S	L	L	L	L	L	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	Th	C	C	C	C	C
3	2	1	5	4	3	2	1	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	8	7	6	5	4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25

## **Danksagung**

Mein besonderer Dank gilt Herrn Professor Dr. med. J. Biscopig für die Überlassung des Themas und die hervorragende wissenschaftliche Betreuung. Seine wertvollen Ratschläge und Anmerkungen haben mir stets geholfen. Sein Rückhalt und seine motivierende Unterstützung haben wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Herrn Dr. W. Berberich danke ich für die Unterstützung bei statistischen Problemen und für seine Hilfsbereitschaft.

Bei Herrn E. Schlegel und Herrn Dr. W. Nagel bedanke ich mich für die organisatorische Unterstützung bei der Durchführung der Untersuchungen.

Bei Herrn Dr. A. Frank für seine freundliche und hilfreiche Unterstützung.

Bedanken möchte ich mich auch bei meinen Eltern und meinem Bruder Oliver die mich während meiner gesamten Ausbildungszeit in allen Lebenslagen unterstützt haben.

Schließlich möchte ich mich ganz besonders bei meiner Frau Anika bedanken, die stets ein offenes Ohr für meine Probleme hatte. Sie hat mich mit viel Geduld und liebevoller Unterstützung motiviert diese Arbeit fertig zustellen.

---

**Lebenslauf**

---

Thilo Ritter  
Arzt  
geboren am 26.05.1976 in  
Nürnberg  
verheiratet

---

**Schulbildung**

---

09/86 - 07/92      Gymnasium bei St. Michael Schwäbisch Hall  
09/92 - 06/95      Technisches Gymnasium, Schwäbisch Hall  
Schwerpunkte: Chemie  
Technik  
Abschluss:      Allgemeine Hochschulreife, Abitur  
Abschlussnote: 1,7

---

**Studium**

---

10/95 – 08/97      Grundstudium der Humanmedizin an der Freien Universität  
Berlin  
08/07      Ärztliche Vorprüfung  
10/97 – 04/01      Hauptstudium der Humanmedizin an der Ruprecht-Karls-  
Universität Heidelberg  
03/99      Erster Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
03/01      Zweiter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung  
04/01 – 08/01      Anaesthesie im Rahmen des Praktischen Jahres im Fürst-  
Stirum-Klinikum Bruchsal  
08/01 – 10/01      Chirurgie im Rahmen des Praktischen Jahres im Chris Hani  
Baragwanath Hospital der University of Witwatersrand,  
Johannesburg, Süd Afrika  
10/01 – 12/01      Chirurgie im Rahmen des Praktischen Jahres im Fürst-  
Stirum-Klinikum Bruchsal

12/01 – 03/02	Innere Medizin im Rahmen des Praktischen Jahres im Fürst-Stirum-Klinikum Bruchsal
04/02	Dritter Abschnitt der Ärztlichen Prüfung

---

**Berufstätigkeit**

---

05/02 – 11/03	Arzt im Praktikum in der Klinik für Anaesthesie und Operative Intensivmedizin der St.-Vincentius-Kliniken Karlsruhe
11/03 – heute	Assistenzarzt in der Klinik für Anaesthesie und Operative Intensivmedizin der St.-Vincentius-Kliniken Karlsruhe
11/06	Erlangen der Zusatzbezeichnung Notfallmedizin